

KENNISINVENTARISATIE
VOOR EEN OPTIMAAL TEELTCONCEPT VOOR PAPRIKA
IN EEN “GESLOTEN KAS”



Peter Vogel
HAS Den Bosch

Rijswijk, april 2005

In opdracht van:
Landelijke Commissie Paprika
LTO Groeiservice

LTO  **Groeiservice**

Productschap  Tuinbouw

VOORWOORD

Voor u ligt het rapport van het project 'Kennisinventarisatie Paprika', waarin wordt ingegaan op de optimale teeltomstandigheden voor de teelt van paprika.

Dit rapport is geschreven in opdracht van LTO Groeiservice voor de Landelijke Commissie Paprika om als handvat te dienen voor de versnelling van een teelt van paprika in een gesloten kas.

Mijn dank gaat uit naar iedereen die zijn medewerking heeft verleend aan de inhoud van dit rapport.

In het bijzonder wil ik Kees van Beek bedanken voor zijn uitstekende begeleiding en adviezen over de aanpak en de denkrichting. Daarnaast wil ik de leden van de Landelijke Commissie Paprika bedanken voor het vertrouwen dat zijn in mij gesteld hebben. Daarnaast ben ik mijn dank verschuldigd aan Joke Klap (PT) en Arthur Zwinkels (LCP) voor het aandragen van ideeën tijdens de verslagbespreking.

Ook alle geïnterviewden die tijd wilden vrij maken wil ik via deze weg bedanken.

Rijswijk, april 2004

Peter Vogel
LTO Groeiservice
Student HAS Den Bosch

SAMENVATTING

De kennisinventarisatie paprika heeft tot doel om antwoord te geven op de volgende drie vragen:

1. Wat zijn de optimale niveaus van de parameters CO₂ en luchtbeweging, licht, temperatuur en vocht voor de Nederlandse paprikateelt?
2. Welke teeltmaatregelen kunnen er genomen worden om deze parameters te optimaliseren?
3. En welke mogelijkheden biedt de gesloten kas als het gaat om optimale teeltomstandigheden?

Om informatie te verzamelen is gedurende een periode van 15 weken een inventarisatie uitgevoerd naar de optimale teeltomstandigheden voor paprika. Daarvoor zijn 14 interviewgesprekken gevoerd met onderzoekers, voorlichters en innovatieve tuinders. Daarnaast zijn er 14 informatieve presentaties bijgewoond en 14 bedrijven bezocht.

Uit de inventarisatie blijkt dat het optimale CO₂- gehalte tussen 700 en 1.000 ppm ligt, dit is afhankelijk van de lichtintensiteit. De praktijk wijkt hiervan af, omdat het gewas te generatief staat, er veel gelucht wordt of omdat er te weinig CO₂ voorradig is. Meer luchtbeweging blijkt een positief effect te hebben op de opname van CO₂. Welke luchtsnelheid optimaal is, is nog niet bekend. Het minimale lichtniveau voor een paprikaplant voor zetting is 150 joule per dag voor gewasonderhoud.

De optimale netto fotosynthese wordt bereikt wanneer het verschil tussen het gebruik van suikers voor dissimilatie en de bruto productie zo groot als mogelijk is. Dit is overdag ongeveer tussen de 18 en 21°C.

Een goed streven is om een vochtdeficit overdag tussen de 4 en 5 te realiseren en 's nachts tussen de 2,5 en 3.

Mogelijkheden om deze optimale omstandigheden toe te passen zijn:

- Semi- gesloten kas of gesloten kas, om het CO₂- gehalte zo hoog als mogelijk te houden,
- minder toppen in het voorjaar waardoor de lichtonderschepping toeneemt,
- grotere glasmatten gebruiken om zo meer licht in de kas te krijgen,
- om de temperatuur bij warm zonnig weer zo laag als mogelijk te houden gebruik maken van daksproeiers.

Met een gesloten kas kunnen alle zojuist genoemde factoren geoptimaliseerd worden. De vraag is echter of de geschatte productiestijging van 10 – 15% voldoende is om een gesloten kas rendabel te maken.

De belangrijkste aanbevelingen die uit de kennisinventarisatie naar voren komen zijn:

- Onderzoek naar hoeveel productie stijging nodig is om een gesloten kas rendabel te maken, afhankelijk daarvan moet besloten worden of er voor paprika al dan niet een gesloten kas gebouwd moet worden.
Andere mogelijkheden om in de zomer meer te profiteren van een hogere constante CO₂-concentratie zijn:
 - Kijken wat het effect is van een hogere kas, om op die manier de luchting langer gesloten te kunnen houden
 - Meer gebruik maken van daksproeiers om zodoende de kas langer gesloten te kunnen houden
 - De temperatuur in de zomer verlagen door middel van koeling
- Minder toppen in de startfase van de teelt, totdat een LAI van minimaal drie bereikt is, om zo snel mogelijk het meest effectieve bladoppervlak voor een optimale lichtonderschepping te realiseren.
- Onderzoek naar de mogelijkheden van rassen:
 - Rassen die effectiever om gaan met licht (bijvoorbeeld groter blad)
 - Rassen die zaadloze vruchten produceren of rassen met minder zaad

De overige aanbevelingen zijn te vinden in hoofdstuk 4 van dit rapport.

INHOUDSOPGAVE

Voorwoord.....	3
Samenvatting.....	4
1. Inleiding.....	6
2. Fotosynthese als uitgangspunt voor de optimale groei.....	7
2.1 Inleiding.....	7
2.2 Wat is fotosynthese en wat is het belang er van?.....	8
2.3 CO ₂ als factor van de fotosynthese en het klimaat.....	10
2.3.1 Wat is er bekend over CO ₂ uit de literatuur?.....	10
2.3.2 Wat zijn de ervaringen met CO ₂ in de praktijk?.....	11
2.3.3 De invloed van luchtbeweging op de CO ₂ - opname.....	12
2.3.4 Conclusies CO ₂	12
2.4 Licht als factor van de fotosynthese en het klimaat.....	14
2.4.1 Wat is er bekend over licht uit de literatuur?.....	14
2.4.1.1 Lichtonderschepping.....	14
2.4.1.2 Lichtkleur en -duur.....	15
2.4.2 De waarde van bladoppervlak en belichting in de praktijk?.....	17
2.4.2.1 Bladplukken.....	17
2.4.2.2 Belichten.....	17
2.4.3 Conclusies licht.....	18
2.5. Temperatuur en luchtvochtigheid als factoren van de fotosynthese en het klimaat.....	19
2.5.1 Wat is er bekend over temperatuur uit de literatuur?.....	19
2.5.1.1 Temperatuur algemeen.....	19
2.5.1.2 Temperatuur en ademhaling.....	19
2.5.1.3 Temperatuur integratie.....	20
2.5.1.4 De invloed van temperatuur op de strekking van het gewas.....	21
2.5.1.5 Planttemperatuur.....	22
2.5.2 Wat is er bekend over vocht uit de literatuur?.....	22
2.5.3 Wat is het verband tussen temperatuur en vocht/ luchtvochtigheid?.....	22
2.5.4 Wat zijn de ervaringen met temperatuur en vocht/ luchtvochtigheid in de praktijk?..	24
2.5.5 Conclusies temperatuur en luchtvochtigheid.....	24
2.6 Onderlinge relaties tussen de verschillende factoren die van invloed zijn op de fotosynthetische activiteit en het klimaat.....	25
2.6.1 Wat is er bekend over de onderlinge relaties uit de literatuur?.....	25
2.6.2 Wat zijn de ervaringen met de onderlinge relaties in de praktijk?.....	25
3. Teelt methoden en teeltmaatregelen.....	26
3.1 Inleiding.....	26
3.2 Zetting.....	26
3.3 Plantbelasting.....	26
3.4 Lichtbenutting.....	27
3.5 Rassenkeuze.....	28
3.6 Conclusies teeltmethoden en teeltmaatregelen.....	28
4. Eindconclusies en aanbevelingen.....	29
4.1 Conclusies.....	29
4.2 Aanbevelingen.....	29
Literatuurlijst.....	31
Bijlage I Interviewgesprekken, info avonden en bedrijfsbezoeken.....	34
Bijlage II Presentatie en evaluatie van de stellingen.....	36
Bijlage III Het Mollierdiagram.....	37

1. INLEIDING

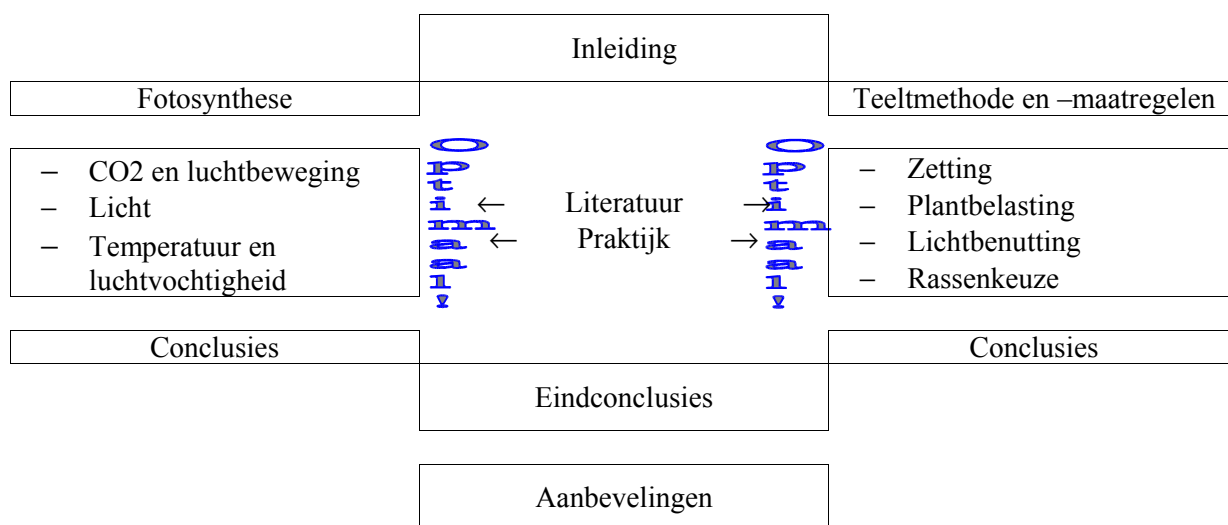
Het project ‘Kennisinventarisatie Paprika’ is opgestart om in de Nederlandse paprikasector duidelijkheid te krijgen over de van belang zijnde parameters voor een optimaal teeltconcept voor een succesvolle paprikateelt in een gesloten kas. Voor deze parameters zal gekeken worden naar de invloed van teeltmethoden en –maatregelen, zodat zij kunnen dienen als handvat voor de Landelijke Commissie Paprika bij het ontwikkelen van een plan van aanpak om te komen tot een succesvolle uitvoering van een paprikateelt in een gesloten kas.

Om het optimale niveau van de parameters te bepalen is er een literatuurstudie gedaan naar de optimale teeltomstandigheden voor de paprikateelt. De gevonden feiten zijn gestructureerd en samengevat. Verder zijn er interviewgesprekken gevoerd met innovatieve tuinders, onderzoekers, teeltvoorlichters en adviseurs (*bijlage I*). Hun kennis is gebruikt om een praktische invulling van het rapport te krijgen en om de ideeën die leven in de praktijk over mogelijke teeltmaatregelen in kaart te brengen. Verder wordt ook gekeken naar de mogelijkheden van het toepassen van optimale niveaus van CO₂ en luchtbeweging, licht en temperatuur en vocht in een gesloten kas.

Om duidelijkheid te krijgen over de optimale parameters wordt er uitgegaan van de fotosynthese (hoofdstuk 2), omdat hiermee de basis van de ontwikkeling van een paprikaplant wordt weergegeven, met als vraag: Wat is de optimale fotosynthese? De parameters die van invloed zijn op de fotosynthese worden daartoe uitgewerkt. De parameters zijn: CO₂ en de invloed van luchtbeweging op de opname hiervan, licht en temperatuur en luchtvochtigheid. Vervolgens wordt er gekeken naar de onderlinge relaties tussen de verschillende factoren. Voor alle genoemde parameters wordt beschreven wat er vanuit de literatuur en de praktijk over bekend is. Daarnaast wordt er per parameter een conclusie getrokken met betrekking tot het optimale niveau. In hoofdstuk 3 worden vervolgens de teeltmethoden en teeltmaatregelen aan de orde gesteld, waarbij het draait om zetting, plantbelasting, lichtbenutting en rassenkeuze, gevolgd door een conclusie over het hele hoofdstuk, ook in dit hoofdstuk draait het om de optimale niveaus. In beide hoofdstukken zal gekeken worden welke mogelijkheden de optimale niveaus bieden voor de teelt van paprika in een gesloten kas. Tenslotte worden in de conclusies (hoofdstuk 4) antwoord gegeven op de drie gestelde vragen:

4. Wat zijn de optimale niveaus van de parameters CO₂ en luchtbeweging, licht, temperatuur en vocht?
5. Welke teeltmaatregelen kunnen er genomen worden om deze parameters te optimaliseren?
6. En welke mogelijkheden biedt de gesloten kas als het gaat om optimale teeltomstandigheden?

In de onderstaande figuur is een schematische weergave te vinden van de opzet van de kennisinventarisatie (*figuur 1.1*).



Figuur 1.1 Schematische weergave van de opbouw van de kennisinventarisatie

Verder is er naar aanleiding van de presentatie, middels een aantal stellingen, een evaluatie gedaan. Deze evaluatie is als bijlage opgenomen in het verslag (*bijlage II*).

2. FOTOSYNTHESE ALS UITGANGSPUNT VOOR DE OPTIMALE GROEI

2.1 INLEIDING

In het nu volgende hoofdstuk wordt in de eerste plaats het proces van de fotosynthese nader toegelicht. Het draait hierbij om; wat fotosynthese is, het belang van de fotosynthese voor de paprikaplant en het optimale niveau van de fotosynthese. Om dit optimale niveau te bepalen worden de verschillende factoren (parameters) die hun invloed uitoefenen op het fotosynthetische proces nader toegelicht.

De invloed die de factoren hebben op het klimaat zullen per factor aan de orde gesteld worden.

Als eerste factor zal het CO₂- gehalte beschreven worden, waarbij literatuur en praktijk aan elkaar getoetst worden om tot de uiteindelijke conclusie over het optimale niveau te komen. Ook wordt er gekeken naar de invloed van luchtbeweging op de opname van CO₂.

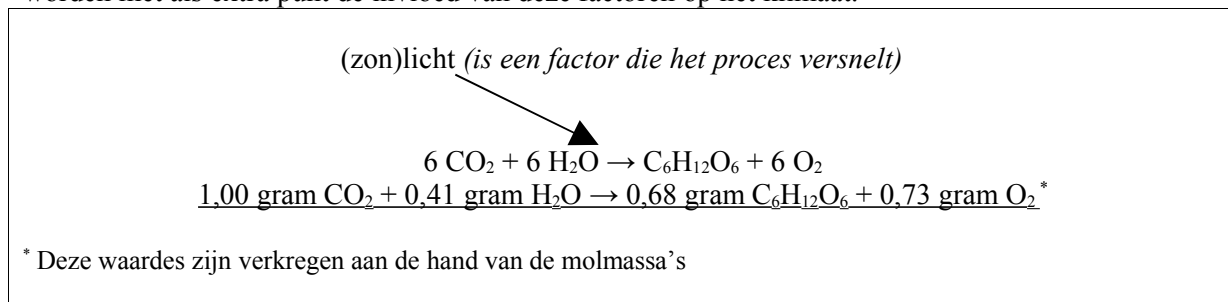
Ten tweede wordt er voor de factor licht geprobeerd om het optimale niveau te bepalen. Ook voor de factor licht geldt dat achtereenvolgens literatuur en praktijk de aandacht krijgen om zo in de conclusie te komen tot een zo representatief mogelijk beeld van het optimale lichtniveau.

Als derde worden de factoren temperatuur en luchtvochtigheid besproken. Op het gebied van de temperatuur zal, naast het optimale niveau, informatie verstrekt worden over de relatie tussen temperatuur en ademhaling, temperatuurintegratie en planttemperatuur. Daarna zal worden ingegaan op de optimale luchtvochtigheid. Beide factoren zullen belicht worden vanuit de literatuur en de praktijk. Na toelichting van de beide factoren zal er gekeken worden naar de onderlinge relaties tussen temperatuur en luchtvochtigheid. Om uiteindelijk ook voor deze beide factoren tot een conclusie te komen over de optimale waarden.

Tenslotte wordt er ingegaan, vanuit het oogpunt van de literatuur en de praktijk, op de onderlinge relaties tussen de factoren CO₂, licht en temperatuur, en welke invloed zij hebben op de fotosynthetische activiteit en het klimaat. Ook hier wordt uiteindelijk een conclusie getrokken over de optimale onderling relatie tussen de verschillende factoren.

2.2 WAT IS FOTOSYNTHESE EN WAT IS HET BELANG ER VAN?

Om te komen tot een optimale groei van het gewas moet je beginnen bij het proces: fotosynthese, de motor van het groeiproces. Fotosynthese is de vorming van koolhydraten uit koolzuur en water door planten, waarbij de drijvende kracht achter het proces de energie uit (zon)licht is. De koolhydraten worden geproduceerd in de vorm van suikers ($C_6H_{12}O_6$ vereenvoudigt ook wel geschreven als CH_2O) (figuur 2.1). De fotosynthese wordt beïnvloed door de hoeveelheid licht, de CO_2 -concentratie in de lucht en de temperatuur en luchtvochtigheid. Deze factoren zullen in dit hoofdstuk nader uitgewerkt worden met als extra punt de invloed van deze factoren op het klimaat.



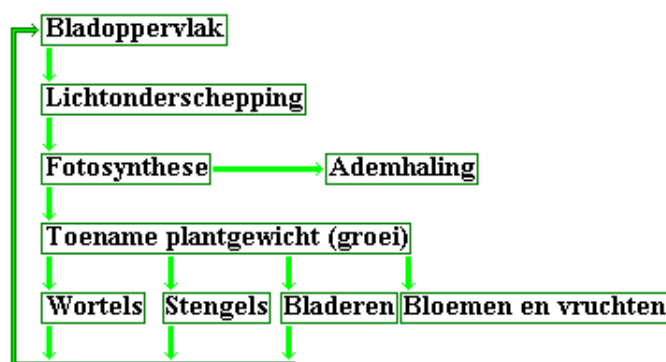
Figuur 2.1 De reactievergelijking van het fotosynthetische proces

De suikers die beschikbaar komen middels fotosynthese moeten zo veel als mogelijk in de vruchten terecht komen, om een zo hoog mogelijke productie te bereiken. De verdeling over het gewas vindt plaats volgens een bepaald patroon. Zo wordt de vraag naar assimilaten (suikers) als eerst vervuld voor vruchten, gevolgd door de groeipunten van het gewas, daarna komen bladeren en stengels aan bod en als laatste de wortels (Kamp, 2005).

De ademhaling (dissimilatie) is het omgekeerde proces van fotosynthese en vindt (in de reactievergelijking staat de pijl de andere kant op), in tegenstelling tot de fotosynthese, plaats in alle plantendelen. Bij de ademhaling wordt energie vrijgemaakt voor de verbranding van koolhydraten tot kooldioxide en water. Er zijn drie soorten ademhaling. De eerste treedt op tijdens het proces van fotosynthese. De tweede vindt plaats bij de vorming en groei van de verschillende plantendelen en de derde vorm is voor het onderhoud van diezelfde plantendelen. De bij de ademhaling vrijkomende energie is nodig voor de verschillende levensprocessen zoals de opname van nutriënten en de bouw en het onderhoud van de verschillende plantendelen.

Hoe meer fotosynthese hoe groter de aanmaak van assimilaten, hoe sneller de plant groeit, waardoor de plant meer en/ of grovere vruchten groot kan brengen. Een hogere fotosynthetische activiteit zorgt dus voor meer productie. Ongeacht de hoeveelheid licht is het streven naar een verhoging van de fotosynthetische activiteit planttechnisch gezien dus altijd zinvol.

Het bereiken van die gewenste hogere fotosynthetische activiteit kan op verschillende manieren bereikt worden. Dit kan in kaart gebracht worden middels een schematische weergave (figuur 2.2).



Figuur 2.2 Verhoging van de fotosynthetische activiteit (bijlage I)

Te zien is dat de plant afhankelijk is van de hoeveelheid licht die hij onderschept. Middels een verhoging van het bladoppervlak is een verhoging van de lichtonderschepping te realiseren die uiteindelijk resulteert in een verhoging van de fotosynthetische activiteit. Een vergroting van het bladoppervlak is te realiseren door een generatief klimaat neer te zetten. Dit kan middels het aanhouden van een hogere temperatuur, een minder groot verschil tussen de dag- en nachttemperatuur en een vochtiger klimaat.

Het fotosynthetische proces heeft een directe invloed op de groei en ontwikkeling van alle planten met bladgroen. De belangrijkste bouwstoffen voor de fotosynthese zijn CO₂ en water. Als er te weinig van één van deze bouwstoffen aanwezig is, dan zal het fotosynthetische proces vertraagd worden. Als er geen CO₂ of geen water aanwezig is dan zal er ook geen fotosynthese zijn. Door de lichtintensiteit te verhogen wordt het gehele proces (de omzetting naar suikers) versneld. Dit houdt in dat bij meer licht er een grotere hoeveelheid bouwstoffen aanwezig moet zijn om de maximale fotosynthese te bereiken. Bij het fotosynthetische proces is er dus altijd een beperkende factor, in Nederland is de meest beperkende factor bijna altijd het licht, zelfs in de zomer is er een te kort aan licht (*Bus, 1996*). Echter omdat ook CO₂ in de zomer niet voldoende gedoseerd kan worden levert dit te kort aan licht geen mindere groei op. In wintermaanden is licht wel degelijk de beperkende factor.

In het schema (*figuur 2.2*) is te zien dat er een verlies van assimilaten is doordat er sprake is van dissimilatie en vruchten (dit laatste is gewenst). Ademhaling betekent weliswaar een verlies van geproduceerde droge stof, maar dit verlies is onvermijdelijk en noodzakelijk voor de groei, ontwikkeling en instandhouding van de plant.

Middels een groeimodel is het mogelijk om te berekenen hoeveel van de aangemaakte suikers uiteindelijk in de vrucht terecht komen. Hiervoor moet een omrekening gemaakt worden naar drogestof en later naar versgewicht. Circa 1 gram CH₂O levert ~ 1 gram drogestof (een klein verlies treedt op door groeiademhaling). De fractie drogestof die in het versgewicht van de vrucht komt (DMC, 8,5%) en de fractie van de totale gewasgroei die in de vruchten terecht komt (Harvest Index, 65%), bepalen uiteindelijk het versgewicht van de vrucht (*Swinkels & Zwart de, 2002*).

Hoe hoger de fotosynthetische activiteit is, hoe meer suikers er aangemaakt worden, hoe meer er in de vruchten gestopt kan worden en hoe hoger de productie uiteindelijk zal zijn.

Uitsluitel geven over de optimale fotosynthese is niet direct mogelijk, omdat het fotosynthetische proces wordt beïnvloed door de factoren CO₂, licht, temperatuur en vocht. Deze factoren zullen in het vervolg van dit hoofdstuk worden uitgewerkt.

2.3 CO₂ ALS FACTOR VAN DE FOTOSYNTHESE EN HET KLIMAAT

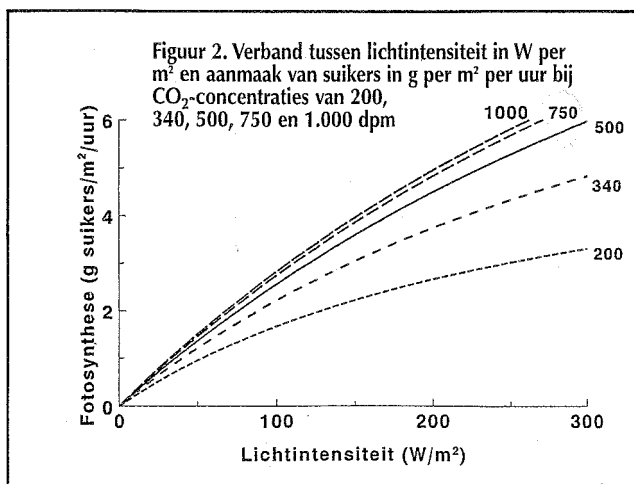
In de nu volgende paragrafen zal als eerste factor het CO₂- gehalte beschreven worden. Eerst zal er beschreven worden wat er in de literatuur te vinden is over het optimale CO₂- niveau, vervolgens wat de praktijk als optimaal CO₂- niveau ziet. Daarna zal er gekeken worden naar de invloed van de luchtbeweging op de opname van CO₂. En tenslotte worden de conclusies getrokken.

2.3.1 Wat is er bekend over CO₂ uit de literatuur?

Om de fotosynthetische activiteit op een zo hoog mogelijk peil te krijgen is de hoeveelheid CO₂ die opgenomen wordt door de plant van groot belang. CO₂ is namelijk de drijvende kracht achter de fotosynthese, zonder CO₂ geen fotosynthese en dus ook geen productie.

Om CO₂ om te vormen tot suikers (assimilaten) speelt het enzym Rubisco een grote rol. Echter het probleem van dit enzym is dat het geen onderscheid maakt tussen CO₂ en O₂. Bindt het enzym CO₂ dan vindt er fotosynthese plaats, bindt het enzym O₂ dan worden de opgeslagen bouwstoffen weer gebruikt. Dat betekent dat de binding van O₂ een nadelig effect heeft op de fotosynthese, daarbij komt ook nog eens dat er onder normale omstandigheden 600 keer meer zuurstof in de lucht voorkomt dan CO₂. Het verhogen van het CO₂- gehalte verkleint de verhouding tussen zuurstof en kooldioxide. Dit zorgt er voor dat de kans op de binding van O₂ kleiner wordt en de kans op binding van CO₂ groter. In principe bereik je met het verlagen van de O₂- concentratie precies hetzelfde. De werkomstandigheden zullen echter door het verlagen van het zuurstofgehalte in de lucht verslechteren, vandaar dat het verhogen van de CO₂- concentratie de enige realistische optie is (Heuvelink & Kierkels, 2004).

Uit onderzoek is gebleken dat door verhogen van de CO₂- concentratie de aanmaak van suikers, die een directe invloed heeft op de groei, toeneemt (figuur 2.3). Uit deze figuur valt te concluderen dat de fotosynthetische activiteit van 750 – 1.000 ppm veel minder toe neemt dan van 500 – 750 ppm. Ook uit ander onderzoek kwam duidelijk naar voren dat de zetting door CO₂ te doseren belangrijk verbeterd (Harten van (et al.), 1988).



Figuur 2.3 Het verband tussen lichtintensiteit in W per m² en aanmaak van suikers in g per m² per uur bij CO₂-concentraties van 200, 340, 500, 750 en 1.000 ppm (Heuvelink, 1998)

Zo blijkt dat de fotosynthese bij 1.000 ppm 30 tot 50% hoger is dan bij 350 ppm, ongeacht de hoeveelheid licht. Wel zorgt licht op zich voor een hogere fotosynthetische activiteit. Meer fotosynthese levert rechtstreeks meer groei op. Maar er is ook een indirect effect: planten vertakken meer, krijgen grotere bloemen en hebben minder last van bloemknopabortie. Over het algemeen geldt dat boven de 1.000 ppm weinig extra fotosynthese gerealiseerd wordt. Bij een constant hoge CO₂-concentratie wordt wel eens gedacht dat dit de plant lui zou maken. Er treedt dan namelijk CO₂-gewenning op. Echter de maximale fotosynthese capaciteit van de bladeren wordt aangetast, maar bijna geen enkel blad functioneert op het maximale niveau. Bovendien worden er steeds opnieuw nieuwe bladeren aangemaakt die nog niet lui zijn. CO₂-gewenning komt dus voor op bladniveau en niet op plantniveau (Heuvelink & Kierkels, 2004).

Dat 1.000 ppm CO₂ voldoende is voor een paprika gewas bleek ook uit onderzoek door het PBG-Naaldwijk (Heij & Rijsdijk, 1995). 1.200 ppm geldt momenteel als maximum (Heuvelink & Kierkels, 2004).

Ook is gevonden dat tussen de 300 en 1.200 ppm, iedere 100 ppm CO₂- stijging leidt tot 2 á 5% sluiting van de huidmondjes. Bij 1.000 ppm betekent dit dat de huidmondjesopening ongeveer 20 tot 35% minder is dan bij 300 ppm. Dit is niet nadelig voor de fotosynthese. Doordat de inkomende lucht meer CO₂ bevat, wordt er meer opgenomen, ondanks de gedeeltelijke huidmondjessluiting (Nederhoff, 1991). Bij 700 ppm is de huidmondjessluiting bij paprika ten opzichte van 350 ppm circa 10% (Esmeijer, 1999).

Door wijziging van de CO₂- concentratie verandert de verdeelsleutel voor assimilaten. Door hogere CO₂- gehaltes komen er meer assimilaten in de vrucht terecht. De verklaring is dat de zetting veel beter is bij hoog CO₂ dan bij laag CO₂. De sinksterkte van de gezamenlijke vruchten is veel groter bij hoog CO₂ dan bij laag CO₂. De sterke sinkwerking van de vruchten leidt tot een sterke groei van de vruchten en remt de groei van de bladeren. Bij paprika bestaat een hevige interne concurrentie tussen vruchtgroei en bladgroei. De interne concurrentie is zo sterk dat de vegetatieve groei nauwelijks beter is bij hoog CO₂ dan bij laag CO₂. Bij stijgende CO₂- concentraties bij paprika neemt alleen de vruchtproductie toe en niet de vegetatieve groei (Esmeijer, 1999).

CO₂ stimuleert de generatieve groei zonder dat het de vegetatieve groei beïnvloed (Dieleman e.a., 2003). Hieruit blijkt dat CO₂ doseren altijd zinvol is. Zowel in een generatieve- als vegetatieve fase is het van belang dat er voldoende CO₂ beschikbaar is voor de plant. Het idee van sommige tuinders dat je minder CO₂ moet doseren bij een generatieve gewasstand als bij een vegetatieve stand is niet juist. De 'assimilatenpomp' heeft als basis brandstof CO₂, als er niet genoeg brandstof is, dan zal het proces (fotosynthese) niet optimaal verlopen. Het aantal beschikbare assimilaten is van groot belang in beide fases. Tijdens een generatieve fase heeft de plant assimilaten nodig om zijn vruchten te laten zwellen en het gewas in stand te houden. Hoe sneller de vruchten geoogst kunnen worden hoe eerder de plantbelasting daalt, hoe sneller er nieuwe vruchten aangehouden kunnen worden, hoe eerder en beter de regelmaat wordt. Tijdens de vegetatieve fase is CO₂- dosering van belang, omdat er assimilaten beschikbaar moeten zijn voor de nieuw gezette vruchten en het gewasonderhoud.

Op welk moment het zinvol is om CO₂ te doseren en wanneer niet is te bepalen met behulp van een fluorescentiemeter. Een stijgende fotosynthetische activiteit geeft aan dat de plant meer CO₂ kan hebben, een gelijk blijven of dalende activiteit geeft aan dat meer CO₂ niet zinvol is.

De meeste CO₂- opname vindt plaats tussen 10.00 uur en 14.00 uur (Kamp, 2005).

Theoretisch ligt de optimale CO₂- concentratie tussen de 700 en 1.000 ppm, dit is afhankelijk van de hoeveelheid licht.

2.3.2 Wat zijn de ervaringen met CO₂ in de praktijk?

In de praktijk liggen de meningen over CO₂ doseren nog al uit een. Er zijn telers die hun concentratie op laten lopen naar de 1.400 ppm (generatieve actie), terwijl de theorie 1.200 ppm als maximum ziet. Er wordt echter geen schade veroorzaakt door deze tijdelijk hoge concentratie.

Over het handhaven van een CO₂- concentratie van minimaal de buitenwaarde (340 – 360 ppm) is iedereen het eens, mits CO₂ voorradig is. Warmte vernietigen voor CO₂ wordt door veel tuinders niet gedaan omdat dit onnodige kosten met zich mee brengt terwijl de opbrengst niet navenant stijgt.

Vaak wordt er bij donker weer teruggezaakt met de CO₂- concentratie. In dit kader is de opvatting dat CO₂ doseren geen zin heeft, omdat de factor licht dan in het minimum verkeert en de productie beperkt, niet juist. Deze is gebaseerd op de misvatting dat maar één factor in het minimum kan zijn. In de winter zijn echter bij weinig licht en daarbij een lage CO₂- dosering zowel de lage lichtintensiteit als de CO₂- concentratie beperkend voor de gewasgroei en productie (Swinkels & de Zwart, 2002).

De CO₂- metingen op praktijkbedrijven worden vaak uitgevoerd op een standaard hoogte. De vraag is of deze hoogte juist is. De meeste fotosynthetische activiteit vindt namelijk plaats in de bovenste 40 cm van de kop (jong blad) (Schapendonk, 2005).

In de paprikateelt wordt niet gekeken naar de fotosynthetische activiteit van het blad. Dit kan middels een fluorescentiemeter. Daar uit valt dan af te lezen dat de fotosynthese toeneemt, afneemt of gelijk blijft. Bij een stijgende CO₂- concentratie moet ook de fotosynthese toenemen. Als dit niet zo is, dan heeft het geen zin om meer CO₂ te doseren. Zolang de fotosynthese toeneemt, is dit wel zinvol.

Vooraf in de eerste 12 weken van de teelt is het bij paprika mogelijk om een hoge CO₂- concentratie te realiseren dankzij het gesloten kunnen houden van de luchtramen. Deze hogere concentratie resulteert in een grotere fotosynthetische activiteit. Hoe langer die concentratie gehandhaafd kan worden hoe groter het effect op de productie. Daarom is het interessant om te kijken naar de mogelijkheden die er zijn om de traditionele teelt langer gesloten te houden of een volledig teeltseizoen te sluiten.

Uit ervaring bij Themato blijkt dat 90% van de productiestijging die gerealiseerd wordt in een gesloten kas veroorzaakt wordt door de constant hoge CO₂- concentratie. Daarom zal het constant kunnen handhaven van een hogere en constante CO₂- concentratie voor paprika ook een positief effect op de productie hebben.

2.3.3 De invloed van luchtbeweging op de CO₂- opname

In een gesloten kas kan de koeling van de ruimte plaats vinden met behulp van luchtzakken onder het gewas. Dit creëert een bepaalde luchtbeweging.

De luchtbeweging in een kas is een onderwerp waarover nog niet zo veel gesproken wordt. Er wordt wel gesproken over verversing van de lucht (ventilatievoud), maar niet over de snelheid waarmee de lucht langs het blad stroomt. Die snelheid is echter wel van belang. Een eerste verkenning op het gebied van luchtbeweging in kassen is gedaan op basis van simulatiemodellen (*Gelder de e.a., 2004*). Uit het onderzoek kwamen op basis van berekeningen een aantal dingen naar voren. Zo bleek dat de grenslaagweerstand van een groot blad groter is dan die van een kleiner blad. Bij een groot blad echter neemt bij een toename van de luchtstroming langs het blad de weerstand sneller en meer af dan bij een klein blad. Door een toename van de luchtbeweging is de plant beter in staat zich te koelen. Dit wordt veroorzaakt doordat niet alleen de maximale fotosynthese groter wordt, maar ook de verdamping makkelijker plaats vindt. Door een grotere/ snellere afvoer van het vocht is de plant in staat om zichzelf beter en sneller te koelen. Omdat bij een grotere stroomsnelheid van de lucht langs het blad de grenslaagweerstand af neemt, wordt de opname van CO₂ vergemakkelijkt en neemt de fotosynthetische activiteit toe. Tevens kwam naar voren dat naarmate de lichtintensiteit toeneemt het effect van een vergroting van de luchtsnelheid groter wordt.

Of de genoemde bevindingen (en andere) overeenstemmen met de praktijk zal nog verder uitgezocht moeten worden. De berekeningen moeten dus getoetst worden aan de praktijk. Om deze gegevens te verkrijgen moet er dus een kas gebouwd worden waarin de mogelijkheid tot pulserend verhogen en verlagen van de luchtsnelheid mogelijk is. Dit kan vooral in een gesloten kas. In de tomaten teelt is men al zo ver dat er een gesloten kas is waarin tomaten geteeld worden. In deze kas kan ook de luchtbeweging gestuurd worden door meer of minder lucht door de luchtzakken, die onder het gewas liggen, te sturen. Ook voor de paprikateelt geldt dat ervaringen opgedaan moeten worden middels praktijktoepassingen.

Ook ventilatoren hebben invloed op de planttoestand. Planten die precies in het bereik van een ventilator staan zullen een hogere fotosynthetische activiteit hebben als planten die net achter de ventilator staan. Dit wordt dus veroorzaakt door de verkleining van de grenslaagweerstand van het blad.

Er kan geconcludeerd worden dat verhoging van de luchtbeweging een positief effect heeft op de fotosynthetische activiteit. Hoe sterk de luchtstroming moet zijn is nog niet duidelijk

2.3.4 Conclusies CO₂

De optimale CO₂- concentratie ligt theoretisch tussen de 700 en 1.000 ppm, dit is afhankelijk van de lichtintensiteit. In de praktijk wordt hiervan afgeweken. De reden hiervoor is een te generatieve gewasstand, te veel luchting en/ of een tekort aan CO₂.

Ongeveer 90% van de productiestijging bij tomaat in een gesloten kas wordt veroorzaakt door een hogere CO₂ concentratie. De verwachting is dat bij paprika er hierdoor een productiestijging zal zijn van 10 – 15%.

Meer luchtbeweging heeft een positief effect op de fotosynthese. Dit moet echter nog wel beproefd worden.

Het handhaven van een hoge CO₂- concentratie (1.000 ppm of meer) is een generatieve actie.

De meeste CO₂ wordt opgenomen tussen 10.00 uur en 14.00 uur.

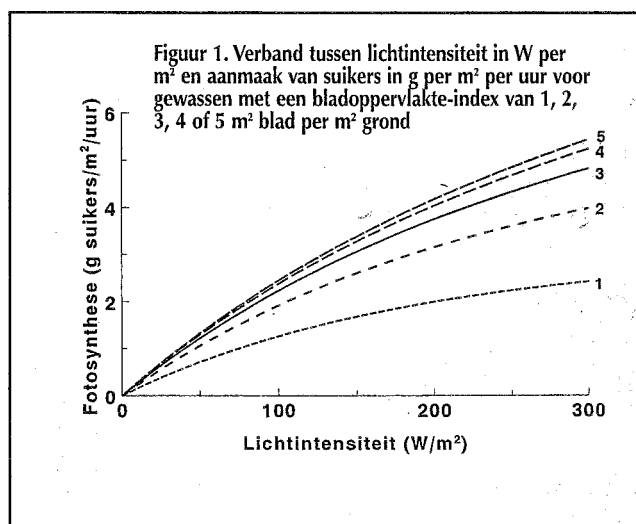
2.4 LICHT ALS FACTOR VAN DE FOTOSYNTHESE EN HET KLIMAAT

In de volgende paragrafen wordt geprobeerd om voor de factor licht het optimale niveau te bepalen. Hierbij wordt eerst gekeken naar de literatuur op het gebied van lichtonderschepping, gevolgd door lichtkleur en –intensiteit. Daarna wordt er gekeken naar wat de praktijk doet met lichtonderschepping (LAI en bladplukken) en belichting. Vervolgens wordt er een conclusie getrokken over het optimale lichtniveau.

2.4.1 Wat is er bekend over licht uit de literatuur?

2.4.1.1 Lichtonderschepping

Zoals eerder vermeld in dit verslag is de fotosynthese afhankelijk van de hoeveelheid licht die de plant kan onderscheppen. Een verhoging van het onderscheppend vermogen van de plant is dus altijd voordelig. Echter er is een maximum aan het voordeel van de onderschepping. Door vergroting van het bladoppervlak neemt de lichtonderschepping toe, hierdoor kunnen er meer suikers aangemaakt worden en zal de groei en ontwikkeling van een plant sneller verlopen (*Biemond, 1992*). Echter een bladoppervlakte-index van meer dan 3 geeft nauwelijks nog extra lichtonderschepping (*figuur 2.4*). Het heeft daarom geen zin om te sturen op meer dan 3m² blad per m²: de aanmaak en het onderhoud kosten namelijk suikers, terwijl nauwelijks extra licht wordt onderschept (*Heuvelink, 1998*).



Figuur 2.4 Verband tussen lichtintensiteit in W per m² en aanmaak van suikers in g per m² per uur voor gewassen met een bladoppervlakte-index van 1, 2, 3, 4 of 5 blad per m² grond (*Heuvelink, 1998*)

De bladindex bij paprika loopt bijna het hele seizoen op. Aan het begin van de zomer wordt een LAI van ~ 4 bereikt. Zodra deze LAI bereikt wordt geldt dat de effecten van meer blad op de fotosynthese en groei minimaal zijn. Gedurende de zomer loopt de LAI bij paprika op naar 7 of meer. Op basis van deze gegevens kan gesteld worden dat bladplukken bij paprika theoretisch een opbrengstverhoging tot gevolg zou moeten hebben, omdat de suikers die normaal gesproken in het blad gestoken worden beschikbaar komen voor de vruchten. Naar bladplukken bij paprika is onderzoek gedaan door Plant Research International B.V. (*Grashoff e.a., 2004*). Dit onderzoek is gedaan op basis van modellen, waarbij verschillende aannames zijn gedaan. Hieruit bleek dat er door eenmalig de bladindex te verlagen van 6 naar 3 een productiestijging van 1%, een waterbesparing van 11% en een energiebesparing van 5% gerealiseerd kan worden.

Duidelijk zal zijn dat er in het begin van de teelt zo snel als mogelijk een LAI gerealiseerd moet worden van minimaal 3, om zo het licht optimaal te kunnen onderscheppen. Om dit te bereiken moet er in de startfase van de teelt minder getopt worden.

2.4.1.2 Lichtkleur en -duur

Naast de lichtonderschepping is het van belang dat er ook licht is dat de plant kan onderscheppen. De fotosynthesesnelheid is dus afhankelijk van de hoeveelheid Photosynthetic Active Radiation (PAR), licht tussen 400 en 700 nm. Circa 45% van de globale straling (buitenlicht door zon) is PAR- licht. Het is dus belangrijk dat er gekeken wordt naar de hoeveelheid PAR- licht (*Spaargaren, 2000*) en niet naar het zichtbare licht (lux). Bovendien gaat het uiteindelijk om het licht dat de plant bereikt en moet er dus gemeten worden bij de plant.

De kleur van het licht geeft de plant veel informatie, iedere kleur licht geeft een bepaald effect op de plant (*tabel 2.1*). Hoewel voor de groei met name licht tussen de 400 – 700 nm belangrijk is, blijkt dat voor de ontwikkeling van de plant ook licht tussen de 350 – 400 nm (blauw) en 700 – 800 nm (rood) belangrijk is. Het effect van het rode deel van het spectrum is duidelijker aangetoond dan het effect van het blauwe licht (*Zonneveldt e.a., 2004*). Te weinig blauw licht en ver-rood licht vertelt de plant dat het niet om zonlicht gaat en daardoor kan zetting niet met kunstlicht geforceerd worden. Uit onderzoek blijkt dat het voor de fotosynthese nauwelijks verschil maakt welke kleur licht een plant ontvangt. De kleur van het licht is daarentegen van groot belang voor de informatie die dit de plant geeft. Lage lichtintensiteiten zijn al voldoende om bepaalde informatie te verstrekken. In het algemeen zorgt blauw licht voor korte, dikke planten terwijl rood licht leidt tot strekking. Ver-rood licht wordt door de bladeren relatief makkelijk door gelaten. De plant kan aan de verhouding rood/ver-rood licht afleiden dat hij in de schaduw staat van een andere plant en hij zal zich daarom gaan strekken om meer licht op te vangen (*Marissen & Berkmortel, 2004*).

Het voorgaande werd al eerder aangetoond (*Schuerger e.a., 1997*). De rood/ ver-rood verhouding is van invloed op het fytochroom respons van planten zoals; stengelstrekking, bloemvorming, stomatale geleiding en de anatomie. Een afname van de verhouding stimuleert de strekking en remt de vorming van zijscheuten. Een toename van de verhouding reduceert de bladdikte als gevolg van een dunnere mesofyllaag met kleinere en minder cellen. Als blauw licht een hoger aandeel heeft in het natuurlijke licht dan heeft dit een remmend effect op de celstrekking, waardoor de stengel korter en het blad dikker wordt. Een afname van de hoeveelheid blauw licht leidt tot het tegenovergestelde (meer strekking en groter blad), hierdoor kan er meer licht onderschept worden, met als uiteindelijke resultaat een verhoging van de opbrengst. De hoeveelheid blauw licht kan echter niet ongelimiteerd teruggedrongen worden, te weinig blauw licht kan negatieve effecten hebben op de ontwikkeling van de plant. Voor pepers bleek dat het aandeel van blauw licht met 4 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ voldoende is voor een normale plantontwikkeling.

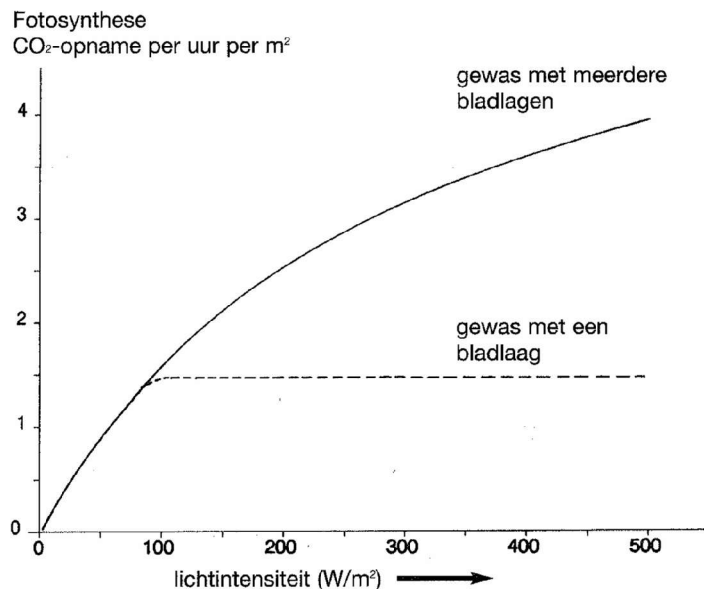
Tabel 2.1 Effecten van licht op de plant (*Hoon de & Veenman, 2004*)

Blauw licht	Compacte plant, dikker blad
Verhouding Rood/ Ver-Rood > 1	Compacte plant, dikker blad
Verhouding Rood/ Ver-Rood < 1	Strekking, groter bladoppervlak

Het hoofdeffect van licht is een toename van de fotosynthesesnelheid waardoor de groei en ontwikkeling van een plant sneller verloopt (*figuur 2.5*). Duidelijk te zien is dat een toename van de lichtintensiteit een verhoging van de fotosynthetische activiteit tot gevolg heeft. Dit effect wordt sterker naarmate het aantal bladlagen, en daarmee de lichtonderschepping, toeneemt. Bij een bladlaag blijkt er een niveau te zijn waarbij meer licht geen functie heeft. Dit punt is het verzadigingsniveau. Voor het gewasonderhoud heeft de plant ongeveer 150 joule per dag nodig (150 W/ m^2/uur). Pas boven deze intensiteit zal hij dan dus gaan ‘denken’ aan zetting (*Heijens, 2003*). Om zetting te realiseren zal hier nog zeker 100 – 150 W/ m^2/uur bij moeten komen.

Zodoende is het belangrijk om het buitenlicht zo efficiënt mogelijk te benutten, dit houdt in dat het zonlicht wegschermen theoretisch (puur op licht gebied) een nadelig effect heeft op de groei en ontwikkeling van de plant. De lichtintensiteit in de kas is in de zomer zelden meer dan 300 W/ m^2 . De globale straling buiten is onder die omstandigheden hoger dan 900 W/ m^2 . Zelfs bij zo’n hoge instraling betekent meer licht nog steeds meer fotosynthese (*Heuvelink, 1998*). In het voorjaar moet dus zo min mogelijk geschermd worden en ook in de zomer moet zo lang als mogelijk het scherm geopend blijven. Hulpmiddelen om het licht minder scherp te maken en toch zo efficiënt mogelijk te benutten zijn onder andere daksproeiers. Ook een grotere glasmaat helpt bij het verhogen van de hoeveelheid instraling die naar binnen kan vallen.

Meer licht geeft dus net als meer lichtonderschepping een hogere productie. Om het lichtniveau hoger te krijgen wordt er geprobeerd om met behulp van assimilatie belichting het lichtniveau te optimaliseren. Bij het optimaliseren van het licht komen problemen naar voren zoals: welke kleur licht op welk moment, hoeveel licht, hoe lang belichten, op welke manier belichten, de stijging van de temperatuur door warmte productie van de lamp en de verkorting van de internodiën door het belichten.



Figuur 2.5 Fotosynthese voor meerdere bladlagen (Timmerman & Kamp, 2003)

Een deel van een verlichtingsinstallatie wordt omgezet in licht, echter een belangrijk deel ook in warmte. Gerekend moet worden dat elke 1.000 lux de omgevingstemperatuur met ongeveer 0,75°C doet stijgen (anonymus, 2004). Hiermee moet dus rekening worden gehouden bij het stookregime. Welke kleur licht op welk moment moet worden toegepast is nog niet duidelijk, de gegevens over de effecten van een bepaalde kleur licht zijn al (zoals hiervoor vermeld) wel bekend, maar op welk moment de plant om een bepaalde kleur licht vraagt is nog niet duidelijk.

De belichtingsduur moet afhangen van de stand van het gewas en de minimale donkere periode die een paprikaplant nodig heeft. Over deze duur is nog niets bekend.

De hoeveelheid licht wordt gebaseerd op het teeltdoel, voor een jaarrond productie is zware belichting noodzakelijk, voor vervroeging wordt uitgegaan van belichting tot 5.000 lux. De vraag die nog altijd speelt is wanneer het omslagpunt van groeilicht naar zettingslicht gaat. Duidelijk is dat het forceren van een zetting met 10.000 lux mogelijk is, mits de belichting als aanvulling dient op de minimaal benodigde 150 joule voor gewas onderhoud. Dit geldt doorgaans in de maanden november tot en met februari.

Het PPO in Naaldwijk heeft een model ontwikkeld waarbij een prognose gegeven wordt van de te realiseren opbrengsten bij groentegewassen in kg/ m² bij verschillende horizontale belichtingsniveaus. Uit dit model blijkt dat de productie toeneemt (tabel 2.2) naarmate er sterker belicht wordt, hoe hoger de belichtingsintensiteit hoe minder groot de stijging is. De productiestijging voor paprika bij 10.000 lux is ~ 48,3%. Van 10.000 lux tot 15.000 lux komt hier nog eens ~ 10,5% bij. Bij dit onderzoek is men er van uit gegaan dat paprika op dezelfde manier reageert op licht als tomaat (Zonneveldt e.a., 2004). De vraag is dus hoe betrouwbaar dit onderzoek is. Het geeft echter wel een indicatie van de theoretische mogelijkheden. Om dit model te toetsen zal er een vergelijk gemaakt moeten worden met praktijkresultaten van een jaar paprika's telen met 10.000 lux belichting.

Tabel 2.2 Jaarrondproductie onbelichte en belichte teelt in kg/ m² per jaar (Zonneveldt e.a., 2004)

	Onbelicht	10.000 lux*	15.000 lux
--	-----------	-------------	------------

Tomaat	59	92	104
Komkommer	90	143	165
Paprika	29	43	47,5

**Type lichtbron is SON-T AGRO van Philips*

Doordat de internodiumlengte korter blijft bij belichting komen de paprika's dichter op elkaar te zitten en wordt het indraaien lastiger. Door een constant temperatuurverschil tussen dag en nacht aan te houden is het mogelijk om de internodiumlengte constant te houden. Wel moet bij belichting het verschil groter zijn om hetzelfde effect te bereiken. Het uitschakelen van de belichting in de eerste vier uren na zonop heeft een negatieve invloed op de strekking van het gewas. Dit wordt veroorzaakt door een kouval waardoor de temperatuur plotseling daalt en het verschil tussen de dag- en nachttemperatuur kleiner wordt (2.5.1.4).

Als er uit wordt gegaan van 0,8 – 1% productiestijging per 1% lichtverhoging (Marcelis e.a., 2004) dan is ook het telen in een gesloten kas (zonder luchtramen) voordelig. De lichtwegnemende delen verminderen door het achterwege laten van luchtramen, hierdoor neemt de instraling in de kas toe met als gevolg dat er meer licht bij de plant komt, waardoor de fotosynthetische activiteit stijgt en er dus een hogere productie gerealiseerd kan worden. Het langer gesloten houden van een kas (luchtramen blijven dus) heeft dit voordeel niet.

Belichten in een gesloten kas zal zeker interessant zijn, maar geeft een grotere ophoping van warmte. Wel wordt er weer een factor beter geoptimaliseerd, waardoor de fotosynthese sterker toeneemt. Een groter bladoppervlak, tot een LAI van 3, zorgt voor een verhoging van de fotosynthetische activiteit. Meer licht betekent, zelfs in de zomer, dat de fotosynthesesnelheid toeneemt. Per dag heeft een paprikaplant voor gewasonderhoud minimaal 150 joule nodig.

2.4.2 De waarde van bladoppervlak en belichting in de praktijk?

2.4.2.1 Bladplukken

Bladplukken wordt door verschillende tuinders afgewezen. De voornaamste reden hiervoor is het economische rendement, waarin de factor arbeid een grote rol speelt, maar ook de meerproductie die het theoretisch op zou moeten leveren is niet waarneembaar. Bovendien komt er te veel licht onderin het gewas waar door er vruchten in de splitsing komen die van slechte kwaliteit zijn en assimilaten 'stelen' van de vruchten die boven in het gewas zitten. Daarnaast kan een groen blad in zijn eigen onderhoud voorzien.

Blad sparen in het begin van de teelt wordt vaak niet gedaan. In het kader van de grotere lichtonderschepping die noodzakelijk is voor een verhoging van de fotosynthetische activiteit zou dit echter wel moeten. Momenteel wordt er juist in het begin van de teelt kort getopt waardoor veel vroeg blad verloren gaat. Een betere oplossing zou zijn om juist bij de start van de teelt het toppen tot een minimum te beperken en als er getopt moet worden dan alleen de groeipuntjes weg nemen.

Om het licht dat beschikbaar is wordt er al gebruik gemaakt van een beweegbare draad. Hierdoor is het mogelijk om het gewas in een groeistand en in een werkstand te zetten. In de groeistand is de verdeling van het gewas over het grondoppervlak zo optimaal mogelijk, in de werkstand staat het gewas kort tegen elkaar zodat er makkelijk tussen door gereden kan worden met de oogst- en elektrokarren.

2.4.2.2 Belichten

Het efficiënt gebruik van licht is in de eerste plaats een belangrijke factor waarop mijns inziens nog voordeel te behalen valt. Het wegnemen van het licht in het voorjaar verlaagt de fotosynthetische activiteit. Echter er moet zeker rekening worden gehouden met de scherpte van de zon, waardoor verbranding van de vrucht/ het gewas kan optreden. De mogelijkheden om licht efficiënter te benutten worden in de praktijk nog niet veel toegepast. Bij nieuwbouw wordt wel steeds vaker gekozen voor een grotere glasmaat, zodat er meer licht binnen valt. Ook schermen veel tuinders het zonlicht weg, om zo te voorkomen dat de planttemperatuur te hoog op loopt en dat vruchten verbranden. Er moet gekeken worden naar de noodzakelijkheid van dat schermen en het zo lang als mogelijk uitstellen

daarvan. Uiteraard heeft de praktijk niet alleen te kampen met het licht, maar spelen ook de andere factoren (met name ruimtetemperatuur en planttemperatuur) hun rol bij de besluitvorming over het al dan niet sluiten van het scherm. Het schermdoek wordt bovendien gebruikt als energiebesparend middel, hierdoor zijn de energiekosten te verlagen en stijgt de energie-efficiency. Het is de vraag of het niet schermen om een hogere fotosynthetische activiteit te realiseren (meer productie), opweegt tegen de energiebesparing van wel schermen.

Ondanks het nog niet volledig kunnen benutten van buitenlicht is er steeds opnieuw uitbreiding te zien op het belichte areaal paprika's. Vooral in het vroege voorjaar en voor de jonge planten is het extra licht dat geleverd kan worden als er niet voldoende buitenlicht is voordelig, omdat meer licht een hogere fotosynthetische activiteit tot gevolg heeft, bovendien kan in het begin van de teelt ook CO₂ optimaal gedoseerd worden.

Bij belichting spelen er in de praktijk, naast het verhogen van de fotosynthetische activiteit, een aantal andere zaken een belangrijke rol. Het gaat niet alleen om het verhogen van de productie, ook arbeidsspreiding, economie en marktpositie spelen een belangrijke rol.

De ervaringen op het gebied van de belichting laten zien dat er steeds meer uit de belichting te halen is. Ook in de praktijk blijft echter nog steeds de vraag wat nu eigenlijk optimaal is. Dat is ook duidelijk te zien in de keuze van belichtende telers. Deze varieert van 1.800 lux mobiele belichting tot 10.000 lux vaste belichting. Dit toont aan dat op het gebied van belichting er nog lang geen duidelijkheid is over de juiste methode.

2.4.3 Conclusies licht

De minimale hoeveelheid licht die een plant nodig heeft voor zijn onderhoud is 150 joule instraling per dag (buiten gemeten), hoe meer de instraling stijgt hoe harder hij zal gaan werken aan groei en zetting.

Het minimale lichtniveau voor zetting is 150 joule per dag instraling plus belichten met 10.000 lux vaste belichting (winter en voorjaar).

Meer blad bij de start van de teelt resulteert in een grotere lichtonderschepping en zorgt voor een hogere fotosynthetische activiteit.

Bladplukken is economisch niet rendabel in de paprikateelt.

Belichting vraagt om aandacht als het gaat om welke kleur op welk moment.

Met welke intensiteit er belicht moet worden is mede afhankelijk van het doel van de teler.

Een gesloten kas (zonder luchtramen) levert meer licht op, omdat er minder licht wordt weggevangen door kasdekmaterialen.

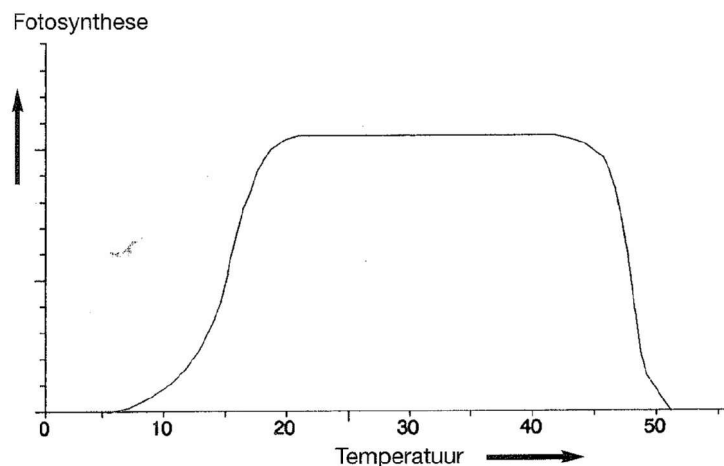
2.5. TEMPERAATUUR EN LUCHTVOCHTIGHEID ALS FACTOREN VAN DE FOTOSYNTHESE EN HET KLIMAAT

In de volgende paragrafen worden achtereenvolgens de factoren temperatuur en luchtvochtigheid besproken. Op het gebied van de temperatuur zal, naast het optimale niveau, informatie verstrekt worden over de relatie tussen temperatuur en ademhaling, temperatuurintegratie en planttemperatuur. Daarna zal worden ingegaan op de optimale luchtvochtigheid. Beide factoren zullen belicht worden vanuit de literatuur en de praktijk. Na toelichting van de beide factoren zal er gekeken worden naar de onderlinge relaties tussen temperatuur en luchtvochtigheid. Om uiteindelijk ook voor deze beide factoren tot een conclusie te komen over de optimale waarden.

2.5.1 Wat is er bekend over temperatuur uit de literatuur?

2.5.1.1 Temperatuur algemeen

De temperatuur heeft twee invloeden, in de eerste plaats is er de invloed van temperatuur op de fotosynthese, ten tweede is temperatuur bepalend voor de gewasgroei en het productieverloop. Onder de 5°C ligt de fotosynthese bij de meeste planten stil, stijgt de temperatuur dan neemt de fotosynthese toe. Boven de 18 – 20°C neemt de snelheid van de fotosynthese niet meer toe, stijgt de temperatuur boven de 35 – 40°C dan daalt de fotosynthese naar een laag niveau (*figuur 2.6*).

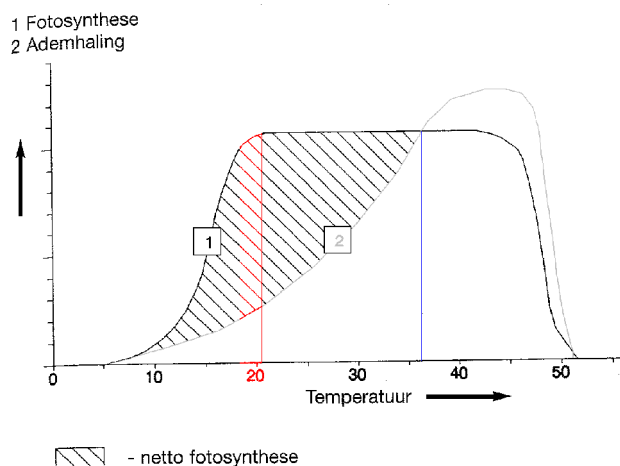


Figuur 2.6 De relatie tussen fotosynthese en temperatuur (*Timmerman & Kamp, 2003*)

Uit de figuur blijkt dat de fotosynthese tussen de 21°C en de 42°C op het hoogste niveau ligt, hieruit zo geconcludeerd kunnen worden dat temperatuur nauwelijks invloed heeft op het fotosynthetisch proces binnen de zojuist genoemde grenzen. In de literatuur wordt er echter vanuit gegaan dat temperatuur binnen het traject van 17 – 25°C niet tot nauwelijks invloed heeft op de fotosynthese (*Heuvelink, 2004*). Er moeten dus meer factoren zijn die een rol spelen, de belangrijkste factor hierin is de ademhaling, ook wel dissimilatie (2.2).

2.5.1.2 Temperatuur en ademhaling

Voor de aanleg en ontwikkeling van groeipunten zijn suikers nodig. De snelheid van de vorming van suikers is temperatuurafhankelijk. Bij een hoge temperatuur is de ademhaling snel, komt er veel energie vrij in de plant en worden de suikers snel verwerkt. Om de cellen daadwerkelijk te laten vormen moet de temperatuur en daarmee de ademhaling voldoende hoog zijn. Licht bevordert dit proces, er worden dan veel suikers gemaakt, daarmee is de plant ook in staat om veel cellen te vormen. De snelheid van de dissimilatie wordt dus bepaald door de temperatuur. Het verschil tussen de dissimilatie en de assimilatie is de netto fotosynthese (*figuur 2.7*). Dit is de hoeveelheid suikers die overblijft voor de aanmaak van cellen (*Timmerman & Kamp, 2003*).

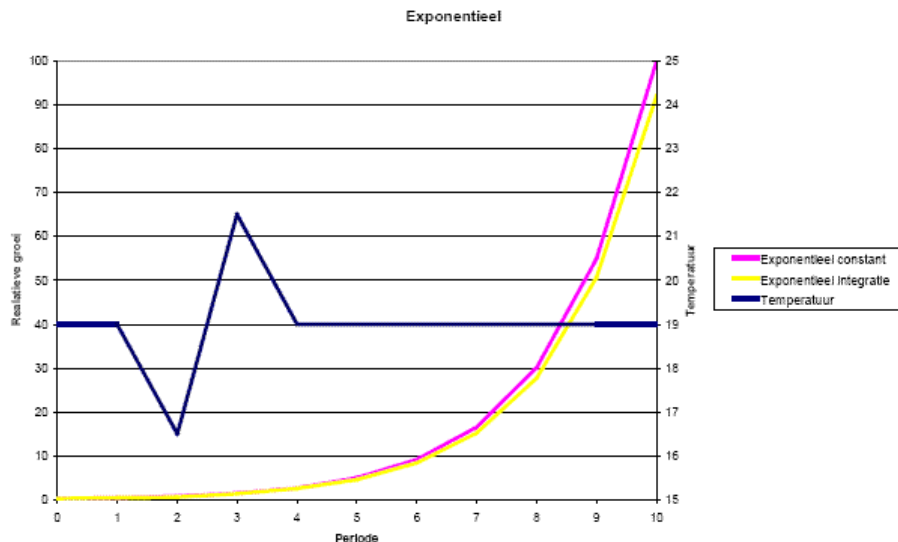


Figuur 2.7 Temperatuur, ademhaling en fotosynthese (Timmerman & Kamp, 2003; eigen bewerking)

De invloed van de temperatuur op de fotosynthese wordt dus bepaald door de ademhaling (dissimilatie). Hoe hoger de ademhaling, hoe minder suikers er overblijven. Uit de figuur valt af te leiden dat de optimale fotosynthese plaatsvindt op het moment dat de ademhaling zo laag als mogelijk is, zover de temperatuur dit toe laat. Het **rood** gearceerde vlak geeft een indicatie van het traject waarbinnen de netto fotosynthese het grootst is. Grof weg kan je stellen dat dit tussen de 18°C en de 21°C is. In figuur 2.7 is duidelijk te zien dat naar mate de ademhaling toeneemt, dat de netto fotosynthese daalt, met als gevolg dat er minder assimilaten overblijven voor de vruchten (en het gewas). De **blauwe** lijn geeft aan op welk moment de ademhaling zoveel suikers opeist dat er geen assimilaten meer overblijven voor de fotosynthese. Dit moment ligt ongeveer op 36°C. Temperatuur is heel bepalend voor de gewasgroei en het productieverloop. De temperatuur heeft met name invloed op de aanlegssnelheid van nieuwe bladeren en vruchten, de assimilatenvraag van vruchten, de uitgroeiduur van vruchten en de ademhaling van planten (Heuvelink, 2004). De distributie van suikers over de plant gebeurt op basis van de zogenaamde 'source- en sinkwerking'. De groene delen zijn de leverancier (source) en de generatieve delen, groeipunten en wortels de ontvanger (sink). Hierbij speelt de temperatuur een grote rol. De sinks trekken de assimilaten als het ware naar zich toe. Door de sinks (het beste is als de vruchten als sinks werken) te verwarmen trekken ze harder aan de assimilaten. Ook een hoge dagtemperatuur versterkt bij een hoge plantbelasting het aantrekken van assimilaten door vruchten (Barendse, 1993). Het komt er dus op neer dat door het snel verlagen van de ruimtetemperatuur de vruchten minder hard afkoelen zullen dan de planttemperatuur. De relatief warmere vruchten trekken harder aan de assimilaten en zullen meer zwellen dan zonder een temperatuurverlaging, waardoor de vruchten grover zullen worden. Op deze manier is het principe van de voornacht verklaard, waarbij wel gezegd moet worden dat de deze voornacht niet de zetting, maar juist de groei bevordert.

2.5.1.3 Temperatuur integratie

De toename in plantgewicht en de totale productie worden niet beïnvloed door het temperatuurverloop. De gemiddelde temperatuur over langere tijd (temperatuursom) is daarvoor bepalend (Heuvelink, 2004). In de praktijk wordt vaak gesproken over temperatuurintegratie. Temperatuurintegratie wordt vooral in de tomatenteelt al veel toegepast. Ook voor paprika is temperatuurintegratie mogelijk. Uitgangspunt bij temperatuurintegratie moet zijn dat de reactie van een plant op temperatuurveranderingen binnen bepaalde grenzen beschreven wordt op basis van de gemiddelde etmaaltemperatuur. De verschillende groei- en ontwikkelingsprocessen kennen ieder hun eigen karakteristiek. Zo is er een lineaire- (kieming van zaden), een exponentiële vergelijking (eerste groei van jonge planten) (figuur 2.8) en een S- curve (de uitgroei van een blad). Vooral in het beginstadium van de teelt moet er opgepast worden met temperatuurintegratie. Ook al wordt in deze fase van de teelt een lagere temperatuur dan de streef temperatuur met een hogere gecompenseerd, dan nog ontstaat er een groeiachterstand (Gelder de, 2003).



Figuur 2.8 Relatieve toename van een groei of ontwikkelingsproces bij een exponentiële functie als gevolg van constante of fluctuerende temperatuur (Gelder de, 2003)

Ook tijdens risicovolle periodes, zoals de zettingsperiode bij paprika is temperatuurintegratie een minder geschikte oplossing (Gelder de, 2003). Als de temperatuur 1 uur 1 graad lager of hoger is dan het gewenste gemiddelde dan wordt er gesproken van een afwijking van 1 graaduur. Deze afwijking mag, ook bij paprika, oplopen tot 300 graaduren. Uiteraard is dit afhankelijk van de tijd waarin deze afwijking tot stand is gekomen (Berkmontel van den, 2004).

2.5.1.4 De invloed van temperatuur op de strekking van het gewas

Gelijkmatigheid krijgen in het gewas is in de paprika iets dat nauwelijks te realiseren is, omdat de vruchten in zetsels komen. Middels een strategie die als uitgangspunt gelijkmatigheid kiest wordt geprobeerd om regelmaat te creëren. Dat wordt bereikt door een constant verschil tussen dag- en nachttemperatuur (DIF = difference/ verschil), een constante DIF is dus waar het bij de strekking om draait. De DIF- strategie is gebaseerd op gelijkmatige uitgroei van stengel, bloem en vrucht.

De periode die de meeste invloed heeft op strekking zijn de eerste vier uur na zonop. In die periode vindt 75% van de strekking plaats, door iedere dag in die periode en de nacht het zelfde regime te handhaven is gelijkmatigheid van de internodiën te verkrijgen. Het optimale verschil tussen de dag- en nachttemperatuur is afhankelijk van het teeltdoel van de tuinder, de gewenste strekking. Wel is er een verband tussen de internodiënlengte en de vruchtlengte, dit is echter rasafhankelijk (Disco, 2004). Meer of minder strekking (het gevolg van een respectievelijk groter of kleiner dag- nachtverschil) zal bij een volgroeid gewas de productie niet of nauwelijks beïnvloeden. Bij jonge planten is een kleinere strekking echter wel nadelig, omdat ook bladeren minder strekken, terwijl je juist in de beginfase van een teelt zo snel mogelijk een zo groot mogelijke bladindex wilt hebben (Heuvelink, 2004). Bij paprika kan het een voordeel zijn als je iets meer strekking hebt, de vruchten ‘passen’ dan beter tussen de internodiën waardoor het oogsten vergemakkelijkt, bovendien gaat het indraaien makkelijker. Een te grote strekking levert echter meer arbeid (toppen en draaien) en een korte internodiënlengte bemoeilijkt het indraaien. Bovendien komen bij een korte internodiënlengte de vruchten zo dicht op elkaar te zitten dat de vruchten elkaar verdringen, de vruchten zitten strak tegen elkaar, waardoor het oogsten lastiger is.

De uitgroeiduur is momenteel ondanks het handhaven van een constant verschil tussen de dag- en de nachttemperatuur nog niet gelijkmatig te krijgen. De voordelen die de strategie met zich meebrengt liggen voornamelijk in een verbetering van de kwaliteit. Nadeel is dat voor toepassing van de strategie er iets meer gas verstoekt moet worden en dat er geen productiestijging gerealiseerd wordt.

Ook is niet duidelijk welk aandeel licht heeft op de strekking in verhouding met de temperatuur.

2.5.1.5 Planttemperatuur

Naast ruimtetemperatuur is er ook nog sprake van de planttemperatuur. Het sturen van het klimaat op basis van de planttemperatuur biedt de mogelijkheid om eerder in te grijpen op veranderingen in het klimaat. Omdat de planttemperatuur doorgaans afwijkt van de ruimtetemperatuur kan je zeggen dat er in de traditionele teelt op basis van de verkeerde parameter wordt gestuurd. De processen die in de plant plaats vinden zijn niet gebaseerd op de ruimtetemperatuur, maar op de temperatuur van de plant zelf. Wanneer de temperatuur van de plant direct wordt gemeten ontstaat er een veel betrouwbaarder beeld van de stand van het gewas en is meer directe sturing van het kasklimaat mogelijk, omdat op een directe manier is af te lezen hoe het gewas hier op reageert (*Veenman, 1999*).

Door de temperatuur (het kasklimaat) te sturen op basis van de planttemperatuur is het mogelijk om energie te besparen, omdat energiemaatregelen effectiever kunnen worden ingezet. Ook kan door een potentieel gezonder gewas op arbeid en gewasbeschermingsmiddelen worden gespaard. Bovendien heeft de planttemperatuurmeter een extra toegevoegde waarde in bijzondere situaties, zoals bij de gesloten kas, bij belichte teelten en bij andere meer geïsoleerde kasdekken bijvoorbeeld met ZigZag platen (*Veenman, 2005*).

Over het algemeen kan gezegd worden dat een toename van de ruimtetemperatuur de planttemperatuur ook doet toenemen. Omgekeerd geldt het zelfde. Bij een hoge instraling zullen eerst de vaste delen opwarmen, door uitstraling van de opgewarmde delen neemt de ruimtetemperatuur ook toe. De kaslucht volgt dan dus de vaste delen (o.a. stengel, blad en vrucht). Vooral bij veel instraling reageert de planttemperatuur sneller dan de ruimtetemperatuur. Bij heldere nachten zal de planttemperatuur juist onder de ruimtetemperatuur komen, omdat er dan veel uitstraling is (*Veenman, 1999*).

De bladtemperatuur wordt hoofdzakelijk bepaald door de ruimtetemperatuur, een veel kleiner aandeel in de temperatuurstijging van het blad heeft de instraling (*Schapendonk, 2005*).

2.5.2 Wat is er bekend over vocht uit de literatuur?

Een plant bestaat voor 80 – 90% uit water (vrucht 80%; blad 90 – 95%). Het water wordt via de wortels opgenomen. Met het water komen ook voedingsstoffen de plant binnen. Als we kijken naar vocht en water dan zien we een aantal verschillende processen. In de eerste plaats dient water als bouwstof voor de plant. Tijdens de fotosynthese maakt de plant van CO₂ en H₂O suiker. Voor dit proces wordt ongeveer 1% van het opgenomen water gebruikt, 10% van het opgenomen water blijft in de plant achter en zorgt daarmee voor het volume en de omvang van de plant. Ten tweede dient het vocht voor de koeling van het gewas. Een plant neemt ongeveer 10 keer zoveel water op als noodzakelijk. Dat wat te veel opgenomen wordt verlaat de plant middels verdamping. Het doel daarvan is koeling. Ten derde zorgt het water in de plant voor de celspanning. Een plant kan de wortels als een pomp laten werken. De cellen komen dan onder druk te staan. Het water dient dus als drukregeling en geeft de plant stevigheid. Als vierde dient water ook als transportmiddel. De voedingsstoffen die door de wortels worden opgenomen worden met behulp van water naar de groeipunten van de plant getransporteerd (*Timmerman & Kamp, 2003*).

Om het fotosyntheseproces goed te laten verlopen is er slechts ~ 1% van de totale opgenomen hoeveelheid water nodig, die hoeveelheid is eigenlijk altijd aanwezig. Pas wanneer het gewas slap gaat dan heeft dit invloed op de fotosynthetische activiteit van het gewas. Vocht is dus de minst belangrijke factor in het fotosynthetisch proces. De fotosynthese staat tot op grote hoogte los van de verdamping. Zolang de huidmondjes open blijven en de opname van voedingsstoffen voldoende is, zal er geen invloed te verwachten zijn op de productie (*Stanghellini e.a., 2003*).

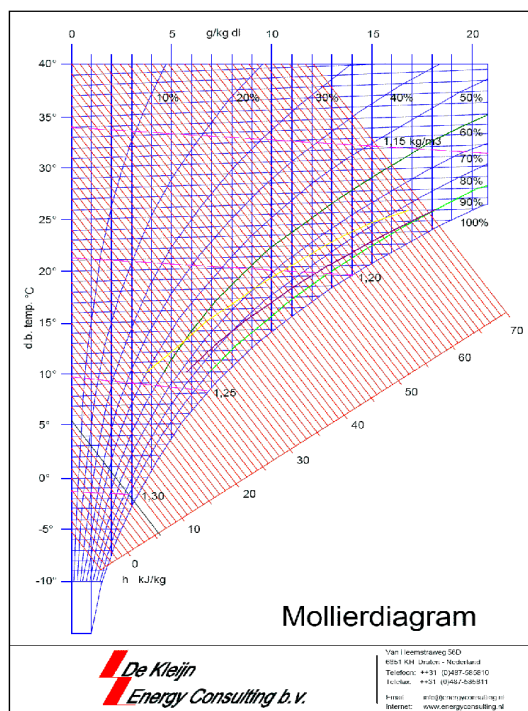
2.5.3 Wat is het verband tussen temperatuur en vocht/ luchtvochtigheid?

De verdamping van een gewas is van belang voor de koeling en de opname van water en voedingsstoffen. Hoeveel verdamping minimaal noodzakelijk is voor een goede groei en productie is niet bekend. Zolang de voorziening van vocht en voedingsstoffen goed is, lijkt een geringe verdamping weinig problemen op te leveren (*Esmeijer, 1999*). De drijvende kracht achter de verdamping is het verschil tussen de waterdampconcentratie in de huidmondjes (RV is altijd 100%) en die van de kaslucht (*Heuvelink & Stanghellini, 2004*). Een plant kan per minuut maximaal

ongeveer 15 gram water per m² verdampen (Timmerman & Kamp, 2003). Dat betekent dat de plant bij hoge temperatuur en veel instraling iedere minuut per m² minimaal 16,5 gram water op moet nemen (10% blijft in de plant achter) om te kunnen voorzien in zijn gewasonderhoud.

De optimale verdamping is afhankelijk van de temperatuur, stijgt de temperatuur dan moet de verdamping ook toenemen om voldoende koeling te realiseren, daalt de temperatuur dan zal de plant minder gaan verdampen. Als een plant te veel verdampt (voornamelijk bij een te hoge temperatuur) dan is de wortelcapaciteit te klein om de verdamping en vervolgens de celspanning op peil te houden en gaat het gewas verschijnselen van verdroging vertonen.

Uit het mollierdiagram blijkt dat vocht sterk samenhangt met de temperatuur (figuur 2.9). In de praktijk wordt er nog al eens gestuurd op het relatieve vochtgehalte in de lucht. Het gebruiken van de relatieve vochtigheid is niet goed, omdat dit geen constante factor is. Een veel betere en duidelijkere factor is het vochtdeficit (ΔX). Het vochtdeficit is het verschil tussen het absolute vochtgehalte en het verzadigingsgehalte in g/ kg. Het vochtdeficit geeft dus aan hoeveel vocht er nog in de lucht kan totdat er condensatie op zal treden. In figuur 2.9 geeft de bovenste groene lijn een relatief vochtgehalte aan van 60%, de onderste groene lijn geeft een relatief vochtgehalte van 90% aan. De gele lijn houdt een vochtdeficit in van 4,0 g/ kg en de paarse lijn een vochtdeficit van 2,0 g/ kg. Een uitvergroting is te vinden in bijlage III. Bij een temperatuur van 19°C en een RV van 80% is het vochtdeficit ~ 2,8 g/ kg, stijgt de temperatuur naar 23°C en wordt de RV gelijk gehouden dan loopt het vochtdeficit op naar ~ 3,3 g/ kg. Door het vochtdeficit gedurende de dag bijvoorbeeld op ongeveer 4,0 g/ kg te houden zullen er dus verschillen in RV ontstaan, maar is het moment tot condensatie altijd constant. Een klein vochtdeficit gedurende langere tijd heeft tot gevolg dat de nieuw aangemaakt bladeren kleiner blijven (Stanghellini e.a., 2003).



Figuur 2.9 Mollierdiagram (Kleijn; eigen bewerking)

Het vochtdeficit wordt ook wel gedefinieerd als het verschil in dampspanning in de huidmondjes en de kaslucht. Het vochtdeficit is maatgevend voor de kracht waarmee de lucht het vrije water uit de plant zuigt en moet zich verhouden tot de kastemperatuur. Bij een warm en vochtig klimaat kan de plant minder verdampen waardoor de groei vermindert, als er te veel celvocht gebruikt wordt voor de verdamping dan ontstaat er stress (Fransen, 2003).

2.5.4 Wat zijn de ervaringen met temperatuur en vocht/ luchtvochtigheid in de praktijk?

In de praktijk is temperatuur de factor die een tuinder het meest kan sturen. Hier wordt dan ook het klimaat mee gemaakt. De tuinder kijkt doorgaans naast de temperatuur ook naar wat het maken van extra temperatuur kost. Bijna alle tuinders maken gebruik van een voornacht om zo zetting te stimuleren, er aan te houden of de plant voor te bereiden op de zetting. Het handhaven van een constant verschil tussen de dag- en nachttemperatuur wordt vaak wel geprobeerd, maar op de verkeerde manier, veranderingen in temperatuur gebeuren vaak in de eerste vier uur na zonop terwijl dit juist vermeden zou moeten worden (2.5.1.4). Temperatuurintegratie wordt niet veel toegepast, maar er wordt wel gekeken naar de buitenomstandigheden. Zo wordt er vaak bij een lagere buitentemperatuur (donker weer) minder hard gestookt en bij mooi weer wordt er juist meer temperatuur gemaakt. Steeds meer tuinders maken gebruik van een planttemperatuurmeter om op die manier meer inzicht te krijgen in de reactie van de plant op veranderende weersomstandigheden. Het constant krijgen van de temperatuur is in een open kas niet realistisch, in een gesloten kas, waar middels het inblazen van koudere lucht de temperatuur geregeld kan worden is dit wel mogelijk. Er kan dan een veel stabiel klimaat (temperatuur) worden neergezet. Dit heeft voordelen voor het optimaliseren van de andere factoren die van invloed zijn op de maximale fotosynthese. In de praktijk wordt er nog al eens gestuurd op het relatieve vochtgehalte in de lucht. Het gebruiken van de relatieve vochtigheid is niet goed, omdat dit geen constante factor is. De meningen tussen telers onderling over het juiste vochtdeficit verschillen nogal. Zo werd op de Landelijke Paprikadag gesteld dat een vochtdeficit tussen de 1 en de 2 g/ kg te klein was en dat het vochtdeficit het liefst boven de 2,5 g/ kg moet liggen (Boonman, 2005). Bij een vochtdeficit van 2,5 g/ kg geldt dat de relatieve vochtigheid continu boven de 80% ligt (vanaf ~ 18°C). Terwijl tijdens een gesprek met Toon Kanters naar voren kwam dat het deficit juist hoger moest zijn, tussen de 4 en de 5 g/ kg op de dag, en 's avonds (en 's nachts) rustig terug zakken naar de 2 – 2,5 g/ kg. Tussen zonsondergang en 3 – 4 uur daarna is een vochtdeficit van minder dan 3 gewenst. Overdag moet er gezorgd worden voor een zo actief mogelijk klimaat, dus dan mag het vochtdeficit hoger zijn. In de tweede helft van de nacht moet het vochtdeficit al weer op gaan lopen. Zeker in groeikrachtige/ vegetatief groeiende gewassen is een vochtdeficit van 2,5 á 3 of hoger belangrijk (Verberne, 2005). Het gewas wordt dan goed voorbereid op de komende dag, mits ook de gewenste temperatuur bij zonop gerealiseerd wordt. Het grote probleem van vocht is dat het er voor kan zorgen dat het gewas nat slaat. De gevolgen van het natslaan zijn onder andere een vergrote kans op schimmels en bacteriën. Om natslaan te voorkomen en om een stabiel klimaat neer te kunnen zetten (op het gebied van de luchtvochtigheid) is het belangrijk om het vochtgehalte op een goed peil te houden. Bij te hoge vochtgehaltes moet er dus vocht uit de lucht onttrokken worden en bij een te laag vochtgehalte moet er juist vocht ingebracht worden. Dit kan middels een ontvochtigingssysteem en is te realiseren in een gesloten kas. Het voordeel voor paprika is daarmee dat de plant het vocht beter op peil kan houden en dus ook geen verdroging van bloemen zal krijgen, waardoor er meer bloemen kunnen zetten en tot vruchten uitgroeien.

2.5.5 Conclusies temperatuur en luchtvochtigheid

De optimale netto fotosynthese wordt bereikt wanneer het verschil tussen het gebruik van suikers voor dissimilatie en de bruto productie zo groot als mogelijk is, overdag ongeveer tussen de 18 en 21°C. De ruimtetemperatuur wordt voor een groot deel bepaald door de planttemperatuur. De capaciteit van de wortels is bij hoge instraling vaak te klein om de verdamping voldoende op peil te houden, waardoor de planttemperatuur stijgt (en dus de ruimtetemperatuur). De optimale luchtvochtigheid is afhankelijk van de temperatuur, de gewasstand en de buitenomstandigheden. Een goed streven is om overdag minimaal een vochtdeficit tussen de 4 en 5 en 's nachts tussen de 2,5 – 3 te handhaven. Bij 20°C houdt dit een relatief vochtgehalte in van respectievelijk 67% – 73% en 79% – 83%. De verdamping van een gewas moet minimaal zo groot zijn dat er zowel voldoende gewaskoeling celspanning is (waardoor bloemen niet verdrogen). Een gesloten kas zal bijdragen aan het stabiliseren van het klimaat op het gebied van temperatuur en vocht.

2.6 ONDERLINGE RELATIES TUSSEN DE VERSCHILLENDE FACTOREN DIE VAN INVLOED ZIJN OP DE FOTOSYNTHETISCHE ACTIVITEIT EN HET KLIMAAT

In het laatste deel van dit hoofdstuk wordt ingegaan, vanuit het oogpunt van de literatuur en de praktijk, op de onderlinge relaties tussen de verschillende factoren die van invloed zijn op de fotosynthetische activiteit en het klimaat.

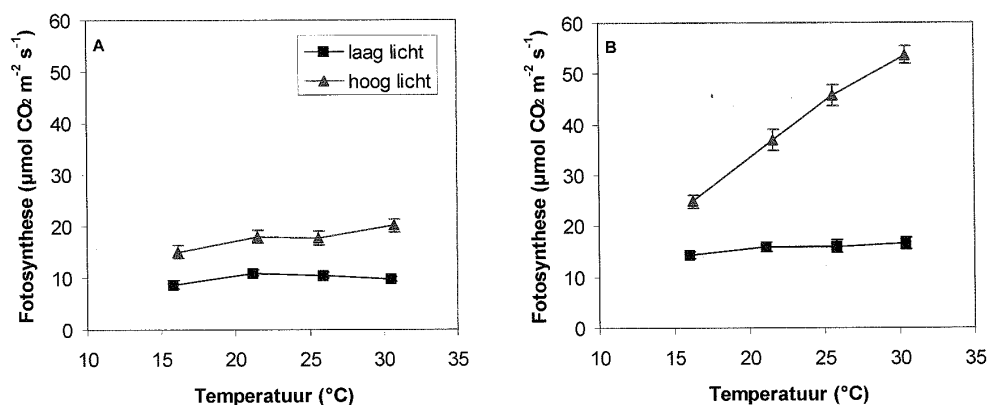
2.6.1 Wat is er bekend over de onderlinge relaties uit de literatuur?

De factoren licht, CO₂, temperatuur en vocht moeten allemaal geoptimaliseerd worden om zo tot een zo hoog mogelijke fotosynthetische activiteit te komen. De factor die het minst optimaal is bepaald de snelheid van de fotosynthese en is daarmee de zwakste schakel (*figuur 2.1*).

De factoren hebben dus hun invloed op elkaar, is er geen CO₂, dan is er geen fotosynthese, hetzelfde geldt voor licht, temperatuur (te laag) en vocht.

Zowel de lichtintensiteit als de CO₂-concentratie hebben een positief effect heeft op de fotosynthese. Deze twee factoren beïnvloeden elkaar echter ook, een hoger CO₂-gehalte heeft een groter effect bij meer licht dan bij minder licht. Hetzelfde geldt voor een hogere lichtintensiteit, meer licht versnelt de opname van CO₂ en daarmee de assimilaten aanmaak (*Dieleman & de Zwart, 2004/ Dieleman e.a., 2003*).

Bij verhoging van de lichtintensiteit heeft de verhoging van de temperatuur een klein positief effect bij 600 ppm, bij 1.100 ppm is het effect veel groter (*figuur 2.10*) (*Dieleman & de Zwart, 2004/ Dieleman, e.a. 2003*).



Figuur 2.10 Netto fotosynthesesnelheid van paprikabladeren bij een reeks temperaturen en een CO₂-concentratie van 600 ppm (A) of 1.100 ppm (B) in de bladkamer gemeten bij hoog (1.500 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) en laag licht (250 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (*Dieleman & de Zwart, 2004*)

De verhouding tussen temperatuur en licht bepaald de groeisnelheid. Als de hoeveelheid licht de temperatuur niet kan bijbenen leidt dit tot dunne planten, terwijl veel licht bij een lage temperatuur dikkere, vertakte planten geeft (*Marissen & van den Berkmondel, 2004*).

Een te hoge etmaaltemperatuur die samengaat met weinig licht geeft een zwak gewas met een dunne kop, een lage etmaaltemperatuur met veel licht geeft een gewas dat 'over' heeft en een donker wordende kop (*Kamp, 2005*).

2.6.2 Wat zijn de ervaringen met de onderlinge relaties in de praktijk?

In de praktijk wordt ingespeeld op de onderlinge relaties mits dit mogelijk is. Hoge lichtintensiteiten gaan echter meestal samen met hoge temperaturen, terwijl CO₂ op zo'n moment niet hoog gedoseerd kan worden, omdat de luchtramen open staan. Als dit wel mogelijk zou zijn dan zou daar dus duidelijk voordeel mee te behalen zijn, omdat op zulke momenten de fotosynthetische activiteit sterk toe zal nemen. Dit kan gerealiseerd worden met behulp van een gesloten systeem.

In de praktijk ligt ook de vraag wat het aandeel van temperatuur is op de strekking van het gewas in verhouding tot het aandeel van licht.

3. TEELT METHODEN EN TEELTMAATREGELEN

3.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op factoren die invloed hebben op de productie buiten de fotosynthese om, maar die wel hun aandeel hebben in de fotosynthese of gebruik maken van de fotosynthese. Er zal onder andere gekeken worden naar het zettingspatroon bij paprika en hoe deze is te optimaliseren. Verder wordt er gekeken naar de optimale plantbelasting. Ook wordt aandacht besteed aan de mogelijkheden die er zijn om licht optimaal te benutten. Tenslotte zal worden toegelicht wat het belang van rassenkeuze is.

3.2 ZETTING

Het grote probleem in de paprikateelt zijn de zettingsgolven. Regelmaat in een paprikagewas krijgen is dan ook zeer moeilijk. Er zijn echter mogelijkheden. Zo blijkt uit onderzoek dat er verschillende mogelijkheden zijn om de productiepieken af te vlakken.

In de eerste plaats is er de mogelijkheid om de bloemen een auxinebehandeling te geven, waardoor de zaadvorming wordt tegengegaan. Dit is tijdrovend werk en niet realistisch toe te passen in de praktijk. De resultaten daar en tegen waren wel goed, het zettingspatroon wordt vlakker en de uiteindelijke oogst blijft gelijk aan de standaardteelt. Nadeel is dat de vruchtvorm duidelijk te wensen over laat. Het wachten is dus op zaadloze rassen die in de toekomst misschien verkregen worden door middel van veredeling. Ten tweede kan er vruchtdunning toegepast worden. Bij vruchtdunning wordt er voor gezorgd dat er maximaal één vrucht per week tot zetting komt. Zo ontstaat een regelmatig zettingsbeeld met de voordelen van de arbeidsspreiding. Het op deze manier vruchtdunnen neemt echter te veel tijd in beslag, waardoor het niet rendabel te rekenen is. Als laatste is er gekeken naar de mogelijkheid om de pieken in productie af te vlakken door verschillende plantdata te handhaven. Dit levert inderdaad minder pieken op, omdat de pieken van de ene plantdatum precies tussen de pieken van de andere plantdatum valt. Later in het seizoen trekt dit echter weer gelijk (*Körner & Heuvelink, 2001*).

Om tot een goede zetting te komen is er een goede basis nodig. Dit begint bij het aanmaken van voldoende blad, zodat de plant zoveel assimilaten aan kan maken dat hij voldoende beschikbaar heeft voor zowel vegetatieve als generatieve groei. Pas als de plant voldoende assimilaten over houdt, gaat hij over tot het maken van knoppen. Dit houdt in dat bij een continu overschot aan assimilaten er altijd mogelijkheid tot zetting is. Een optimale zetting wordt bereikt wanneer de vruchten zich stapelen, er geen zettingen meer zijn en het vruchtgewicht constant is.

Hoe snel de plant regelmaat krijgt is volledig afhankelijk van de plantbelasting. Het zwaar belasten van een plant bij het eerste zetsel is dan ook niet juist, door een minder zwaar eerste zetsel aan te houden zal de plant weer eerder assimilaten over houden om nieuwe knoppen aan te maken. Boven dien worden bij een te zware plantbelasting de knoppen dunner waardoor de plant zelfs stil kan komen te staan. Hoe vroeger het eerste zetsel is hoe kleiner het moet zijn. In verhouding zal dan het tweede zetsel weer wat zwaarder mogen zijn. Een geleidelijke opbouw van de plantbelasting door de eerste drie zetsels steeds groter te laten worden levert zeker zijn voordelen op.

Volgens Wim Sanders is zetting te realiseren zolang de gemiddelde stralingssom per dag toe neemt. Zodra deze terugloopt wordt er geen of nauwelijks zetting gerealiseerd.

3.3 PLANTBELASTING

De plantbelasting is afhankelijk van een aantal factoren. Zo spelen het aantal vruchten, het stadium waarin zij verkeren, het aantal stengels per plant en het bladoppervlak een grote rol. Het bladoppervlak is met name van belang, omdat een plant met een groter bladoppervlak meer assimilaten aanmaakt, waardoor er meer beschikbaar komt voor knoppen en zetting. De vruchten die volgens de hiërarchie van de assimilaten verdeling (*Disco, 2004*) als eerste assimilaten naar zich toegeschoven krijgen, vragen de meeste energie van de plant. Door een hardgroene vrucht weg te snijden (het verwijderen van een grote vrager van assimilaten) is de plant te ontlasten waardoor hij

nieuwe knoppen aan kan leggen. Hoe meer licht er is hoe zwaarder de plantbelasting wordt en mag worden. Door de hogere lichtintensiteit verloopt het fotosynthetische proces sneller en zullen er dus ook meer assimilaten aangemaakt worden. Een maximale plantbelasting (aantal stuks per m²) is dus niet echt te geven. Deze is afhankelijk van de hoeveelheid licht, het opnemend vermogen van de plant (LAI), het aantal stengels per plant, de gewenste grofheid (afnemer) en de stand van het gewas. Over het algemeen geldt dat hoe grover/ zwaarder de vruchten zijn hoe lager het aantal vruchten per m².

Als voorbeeld kan gegeven worden dat bij een eindproductie van 29 kg en een gemiddeld vruchtgewicht van 200 gram het aantal vruchten per stengel (7 stengels/ m²) op 20,7 stuks uit komt. De plantbelasting is optimaal wanneer er een balans is tussen generativiteit en vegetativiteit, waarbij geldt dat hoe hoger de plantbelasting (vruchtgewicht gemiddeld 200 g), hoe beter.

Het aantal stengels per plant is een factor waarover nog al eens meningsverschillen zijn. De nadelen die men ziet in het 4- stengelsysteem zijn met name dat deze planten vaak wat later in productie komen, omdat er per plant relatief veel bladeren aangemaakt moeten worden om zetting te krijgen, er bij uitval (door bijvoorbeeld Fusarium in de splitsing) gelijk grote gaten vallen en dat het gewas ongelijkmatiger uitgroeit. Een 4- stengelsysteem heeft echter ook zijn voordelen (*tabel 3.1*). Zo worden er even zo hoge producties gehaald als bij 2- en 3- stengelsystemen, zijn de kosten per m² lager en levert een plant relatief gezien veel meer op. De vraag waarom een plant met 4 stengels dubbel zoveel vruchten aan kan als een plant met 2 vruchten per stengel is eigenlijk makkelijk te beantwoorden. Hoewel de plantbelasting hoger is, blijven de vierkante meters blad per m² gelijk. Dat betekent dat er even veel assimilaten aangemaakt worden als bij een 2- stengelsysteem. Er zijn dus ook een evenredig aantal assimilaten beschikbaar en de belasting per stengel is constant.

Tabel 3.1 Verschillen in plantbelasting tussen het 2-, 3- en 4- stengelsysteem

Rekenvoorbeeld voordelen van het 4- stengelsysteem			
Aantal stengels	2	3	4
Aantal stengels/ m2	7,0	7,0	7,0
Aantal planten/ m2	3,5	2,3	1,8
Opbrengst/ m2 (in kg)	29,0	29,0	29,0
Opbrengst per stengel (in kg)	4,1	4,1	4,1
Opbrengst per plant (in kg)	8,3	12,4	16,6
Plantkosten/ plant	€ 1,10	€ 1,10	€ 1,10
Plantkosten/ m2	€ 3,85	€ 2,57	€ 1,93
Plantkosten gemiddeld ongeveer € 3,85/ m ² bij een 2 stengelsysteem (<i>Woerden van (red.), 2004</i>)			

Om regelmaat te krijgen in de belasting van de plant is de uitgroeiduur ook een belangrijk onderwerp. Hoe langer de uitgroeiduur hoe minder snel er assimilaten beschikbaar komen voor nieuwe knoppen. De uitgroeiduur wordt met name beïnvloed door de temperatuur (plantetmaal), omdat deze de factor is die de groeisnelheid van het gewas bepaald. Een hogere etmaaltemperatuur zal dus de afrijping van de vruchten versnellen, maar de plantetmaaltemperatuur bepaald hoe snel de plant nieuwe cellen vormt en dus de snelheid van de uitgroeiduur.

3.4 LICHTBENUTTING

Om te komen tot een zo hoog mogelijke fotosynthese moet er zo veel mogelijk licht opgevangen worden door de plant (*2.4.1.1*). Dit kan bereikt worden door het teeltsysteem aan te passen. Er zijn verschillende manieren van telen. Traditioneel en volgens het V- systeem. Met name met het V- systeem is de lichtonderschepping vanaf het begin van de teelt te optimaliseren. Zeker wanneer er gebruik gemaakt wordt van een beweegbare gewasdraad. Natuurlijk moet hierbij wel op gelet worden dat het gewas niet te veel beweegt, waardoor de plant te generatief gaat reageren.

Naast het optimaliseren van het teeltsysteem is het ook mogelijk om er voor te zorgen dat de lichtdoorlatendheid van het glas en de kas zo hoog mogelijk is. Tijdig het dek reinigen en gebruik maken van grotere glasmatten zijn belangrijke items als het gaat om een verhoging van de lichtintensiteit.

3.5 RASSENKEUZE

Rasverschillen bepalen voor een groot deel de het gemak waarmee zetting onder gunstige omstandigheden te realiseren is. Een ras dat zich van nature generatiever ontwikkelt zal in een donkere periode makkelijker tot zetting komen dan een ras dat zich in eerste instantie vegetatief ontwikkelt (*disco*, 2005).

Zaadloze rassen leveren waarschijnlijk hogere productie. Echter, vruchten met zaden hebben van nature al een maximale assimilaten aantrekkingskracht, los van temperatuur. Door hard trekkende grote vruchten met zaad kunnen onder ongunstige omstandigheden de bovenste vruchtjes van een zetsel nog bij 3 á 4 cm grootte worden afgestoten (*Verberne*, 2005). De plant verbruikt dus wel assimilaten om de vruchten er aan te krijgen, maar moet deze later weer laten vallen. Er gaan dus assimilaten verloren.

Uit een onderzoek waarbij gekeken werd of er regelmaat is te krijgen in de zettingen bij paprika, kwam naar voren dat een plant met zaadloze vruchten (m.b.v. een auxine behandeling) minimaal dezelfde productie kan behalen als een plant met zaad in zijn vruchten. Wel liet de vruchtvorm duidelijk te wensen over en bleven de vruchten kleiner (*Körner & Heuvelink*, 2001).

De keuze van een ras moet gemaakt worden op basis van een aantal criteria. Zo speelt de vraag of een teler al dan niet gaat belichten, hoewel er nog geen speciale rassen voor een belichte teelt zijn moet toch gekeken worden naar hoer een ras reageert op licht. Er is inmiddels wel duidelijk dat bepaalde rassen het niet goed doen onder licht en andere rassen wel/ beter. Fundamenteel onderzoek moet daarom gedaan worden naar een efficiëntere benutting van het licht door de plant (rasafhankelijk). Ook het aantal stengels per plant speelt een belangrijke rol bij de keuze van een ras, meer stengels levert een kostenbesparing op, maar er moet wel anders gestuurd worden, omdat de plant een hogere belasting heeft. Daarnaast spelen ook het doel van de teler en de marktvraag een belangrijke rol. Een teler kan volledig voor de hoogste productie kiezen of juist voor kwaliteit of grofheid gaan. Bij dit laatste is de markt een belangrijke factor. Als de afnemer bijvoorbeeld om fijne vruchten vraagt dan zal de teler hier rekening mee moeten houden bij de keuze van zijn ras.

3.6 CONCLUSIES TEELTMETHODEN EN TEELTMAATREGELEN

Productiespreiding in het voorjaar kan gerealiseerd worden door plantdata te variëren.

Bij een continu overschot aan assimilaten is er altijd zetting mogelijk, mits er voldoende licht is.

De optimale zetting is dan wanneer de vruchten elkaar continu opvolgen zonder dat er sprake is van een zettingsperiode, terwijl het vruchtgewicht constant is.

De plantbelasting bepaald wanneer de plant regelmaat krijgt.

De plantbelasting is optimaal wanneer er een balans is tussen generativiteit en vegetativiteit, waarbij geldt dat hoe hoger de plantbelasting (vruchtgewicht gemiddeld 200 g), hoe beter.

Een 4- stengelsysteem is kostentechnisch gezien het meest rendabel en levert per plant meer kilo's.

Een beweegbare gewasdraad optimaliseert de lichtonderschepping.

Het ras bepaalt voor een groot deel het gemak waarmee zetting plaats vindt.

Zaadloze rassen leveren waarschijnlijk een hogere productie.

4. EINDCONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

4.1 CONCLUSIES

Als doel was gesteld om antwoord te geven op de volgende drie vragen:

1. Wat zijn de optimale niveaus van de parameters CO₂ en luchtbeweging, licht, temperatuur en vocht voor de Nederlandse paprikateelt?
2. Welke teeltmaatregelen kunnen er genomen worden om deze parameters te optimaliseren?
3. En welke mogelijkheden biedt een gesloten kas als het gaat om optimale teeltomstandigheden?

De optimale CO₂-concentratie ligt theoretisch tussen de 700 en 1.000 ppm, dit is afhankelijk van de lichtintensiteit. In de praktijk wordt hiervan afgeweken. De reden hiervoor is een te generatieve gewasstand, te veel luchting en/ of een tekort aan CO₂.

Meer luchtbeweging heeft een positief effect op de fotosynthese. Er is echter nog niet bekend welke luchtsnelheid optimaal is.

De minimale hoeveelheid licht die een plant nodig heeft voor zijn onderhoud is 150 joule instraling per dag (buiten gemeten), hoe meer de instraling stijgt hoe harder hij zal gaan werken aan groei en zetting.

Het minimale lichtniveau voor zetting is 150 joule per dag instraling plus belichten met 10.000 lux vaste belichting (winter en voorjaar).

De optimale netto fotosynthese wordt bereikt wanneer het verschil tussen het gebruik van suikers voor dissimilatie en de bruto productie zo groot als mogelijk is, overdag ongeveer tussen de 18 en 21°C.

De optimale luchtvochtigheid is afhankelijk van de temperatuur, de gewasstand en de buitenomstandigheden. Een goed streven is om overdag minimaal een vochtdeficit tussen de 4 en 5 en 's nachts tussen de 2,5 en 3 te handhaven. Bij 20°C houdt dit een relatief vochtgehalte in van respectievelijk 67% tot 73% en 79% tot 83%.

Constant een hoge CO₂-concentratie realiseren kan middels een semi- gesloten kas of een gesloten kas.

Het zorgen voor een gelijkmatige luchtbeweging in de kas door middel van lucht zakken (zoals Themato) of ventilatoren.

Minder toppen in het voorjaar levert een hogere lichtonderschepping, waardoor de fotosynthetische activiteit van de plant toeneemt.

Grotere glasmaten zorgen voor een verkleining van het aantal lichtonderscheppende delen, waardoor er meer licht bij de plant kan komen.

Het realiseren van een lagere temperatuur kan gerealiseerd worden met behulp van daksproeiers, hierdoor stijgt ook het vochtgehalte in de kas.

Met een gesloten kas kunnen alle zojuist genoemde factoren geoptimaliseerd worden. De vraag is echter of de geschatte productiestijging van 10 – 15% voldoende is om een gesloten kas rendabel te maken.

4.2 AANBEVELINGEN

- Kijken welke mogelijkheden het gebruiken van een fluorescentiemeter in de praktijk te bieden heeft om zo inzicht te krijgen in de momenten waarop CO₂ doseren al dan niet zinvol is.
- Onderzoek in de paprikateelt naar de effecten van luchtbeweging op de fotosynthese en productie.
- Minder toppen in de startfase van de teelt, totdat een LAI van minimaal 3 bereikt is, om zo snel mogelijk het meest effectieve bladoppervlak voor een optimale lichtonderschepping te realiseren.

- Onderzoek naar welke factor het grootste aandeel heeft in de strekking van het gewas. De kleur licht of het verschil in temperatuur tussen dag en nacht (DIF)?
- Onderzoek naar hoeveel productie stijging nodig is om een gesloten kas rendabel te maken, afhankelijk daarvan moet besloten worden of er voor paprika al dan niet een gesloten kas gebouwd moet worden.
Andere mogelijkheden om in de zomer meer te profiteren van een hogere constante CO₂-concentratie zijn:
 - Kijken wat het effect is van een hogere kas, om op die manier de luchting langer gesloten te kunnen houden
 - Meer gebruik maken van daksproeiers om zodoende de kas langer gesloten te kunnen houden
 - De temperatuur in de zomer verlagen door middel van koeling
- Het verbeteren van de lichtonderschepping, bijvoorbeeld met behulp van grotere glasmaten, beweegbare gewasdraden of langer wachten met het schermen.
- Onderzoek naar de mogelijkheden van rassen:
 - Rassen die effectiever omgaan met het licht
 - Rassen die zaadloze vruchten produceren of rassen met minder zaad

LITERATUURLIJST

Boeken en onderzoeksrapporten

Biemond, H., 1992, De ontwikkeling, groei en fysiologie van planten in relatie tot abiotische omgevingsfactoren, Vakgroep Landbouwplantenteelt en graslandkunde, Wageningen

Dieleman, J.A., Meinen, E., Elings, A., Uenk, D., Uittien, J.J., Broekhuijsen, A.G.M., Visser de, P.B.H. & Marcelis, L.F.M., 2003, Effecten van langdurig hoog CO₂ op groei en fotosynthese bij paprika, Plant Research International B.V., Wageningen

Dieleman, J.A. & Zwart de, H.F., 2004, Optimaal besturen van temperatuur en CO₂ op basis van fotosynthese en energie, Plant Research International B.V., Wageningen

Esmeijer, ir M.H. (red.), 1999, CO₂ in de glastuinbouw, Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente, Naaldwijk

Fransen, ing. J.C.M., 2003, Rapport Energieproducerende kas, voorontwerp voor een pilot, Lek/Habo Groep, energieconcepten voor de glastuinbouw, Ter Aar

Gelder de, ir. A., Kampen, ir. J.B. & Stanghellini, dr. C., 2004, Luchtcirculatie, Kasklimaat en Productie Deelrapportage maart – oktober 2004, (nog niet gepubliceerd), Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Naaldwijk

Gelder de, A., 2003, Benadering van temperatuurgrenzen bij temperatuurintegratie, Praktijkonderzoek Plant en Omgeving B.V., Naaldwijk

Grashoff, K., Stanghellini, C., Kempkes, F., Elings, A., Os van, E. & Marcelis, L., 2004, Energiebesparing door bladplukken bij paprika: haalbaarheidsstudie op basis van modellen, Plant Research International B.V., Wageningen

Harten van (et al.), J., 1988, CO₂ in de kas, Proefstation voor Tuinbouw onder Glas, Naaldwijk

Hoon de, M. & Veenman, J., 2004, Gereedschapskist Licht, LTO Groeiservice, Rijswijk

Marcelis, L., Broekhuijsen, G., Meinen, E., Nijs, L. & Raaphorst M., 2004, Lichtregel in de tuinbouw 1% licht = 1% productie?, Plant Research International B.V., Wageningen

Schuerger, A.C., Brown, C.S. & Stryjewski E.C., 1997, Anatomical features of pepper plants (*Capsicum annuum* L.) grown under red light-emitting diodes supplemented with blue or far red light, Annals of Botany, 79: 273 – 282

Spaargaren, ir. J.J., 2000, Belichting van tuinbouwgewassen, Hortilux Schröder B.V., Monster

Stanghellini, C., Blok, C., Esmeijer, M. & Kempkes, F., 2003, Strategieverkenning verdamping Verlaagde verdamping als middel om energie te besparen, Praktijkonderzoek Plant en Omgeving B.V., Naaldwijk

Swinkels, G.L.A.M. & Zwart de, H.F., 2002, Optimaal gebruik van CO₂ in de glasgroenteteelt, Instituut voor Milieu- en Agritechtniek (IMAG), Wageningen

Timmerman, ing. G.J. & Kamp, ing. P.G.H., 2003, Kasklimaatregeling, PTC⁺, Ede

Veenman, J., 2005, Eindrapportage Planttemperatuur in Tomaat, LTO Groeiservice, Rijswijk

Veenman, J., 1999, Afstudeeropdracht: Planttemperatuurmetingen worden praktijk Onderzoek naar het meten van planttemperatuur met infraroodmeters en toepassing daarvan in de praktijk, Brinkman, DLV en Hogeschool Delft

Woerden van, S.C. (red.), 2004, Kwantitatieve Informatiegids voor de Glastuinbouw 2003 – 2004 Groenten - Snijbloemen - Potplanten, Praktijkonderzoek Plant en Omgeving sector glastuinbouw, Naaldwijk

Zonneveldt, drs. L., Aarts, ir. M.P.J., Janssen, ir. E.G.O.N. & Sools, F., 2004, Eindrapport Nieuw Licht op Groei, TNO, Delft

Tijdschriften, presentaties en bladen

Barendse, M., 1993, Temperatuur verdeelt assimilaten, Groenten & Fruit Glasgroenten, 21 mei 1993, DLV, Naaldwijk

Berkmontel van den, H., 2004, Gewas gaat flexibel om met variaties in temperatuur, Onder Glas, nr. 1 2004, Praktijkonderzoek Plant en Omgeving Glastuinbouw, Naaldwijk

Boonman, D., 2005, Presentatie “Verkeerde zuinigheid” op Landelijke Paprikadag 2005, 9 maart 2005, Poeldijk

Disco, A., 2005, De kunst van het afdwingen van paprikazetting, Groenten & Fruit, week 4 2005

Disco, A., 2004, Paprika voert strakke regie over assimilatenverdeling, Groenten & Fruit, week 6 2004

Heij, G. & Rijdsdijk, T., 1995, Te veel CO₂ kost productie, Groenten & Fruit, 21 juli 1995, PBG, Naaldwijk

Heijens, G., 2003, Goede zetting is balanceren tussen groei en bloei, Groenten & Fruit, week 50 2003, Horti- Consult, Vlierden

Heuvelink, E. & Kierkels, T., 2004, Met kooldioxide doseren valt nog meer te winnen, Onder Glas, nr. 10 2004, WUR, Wageningen

Heuvelink, E. & Stanghellini, C., 2004, Verdamping en productie: geen onafscheidelijk duo, Groenten & Fruit, week 32 2004, Wageningen Universiteit & Researchcenter, Wageningen

Heuvelink, E., 2004, Temperatuursom of DIF?, Groenten & Fruit, week 31 2004, Wageningen Universiteit, Wageningen

Heuvelink, E., 1998, Licht blijft ook in de zomer aanmaak van suikers bepalen, Groenten & Fruit Glasgroenten, 19 juni 1998, Landbouwniversiteit Wageningen, Wageningen

Kamp, P., 2005, Presentatie Belichting bij paprika op themabijeenkomst ‘Groeilicht rendabel voor paprika’s en pepers!’, 7 april 2005, Poeldijk

Körner, O. & Heuvelink, E., 2001, Paprika dwingen tot regelmaat, Groenten & Fruit, week 28 2001, Wageningen Universiteit, Wageningen

Marissen, N. & Berkemortel van den, H., 2004, Licht stimuleert en stuurt de groei, Onder Glas, nr. 5 2004, Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Naaldwijk

Nederhoff, E., 1991, *CO₂ beïnvloed huidmondjes*, Groenten & Fruit, 21 juni 1991, Proefstation voor Tuinbouw onder Glas, Naaldwijk

Schapendonk, A., 2005, Presentatie *Optimale belichting paprika van fotosynthese naar productie*, op themabijeenkomst 'Groeilicht rendabel voor paprika's en pepers!', 7 april 2005, Poeldijk

Verberne, C., 2005, *Groei sturen in paprika via buisrustperiode*, Groenten & Fruit, week 8 2005, DLV, Horst

Internetsites

Anonymus, 2004, Philips
<http://www.lighting.philips.com>

Bus, ir. C.B., 1996, Praktijkonderzoek, Plant & Omgeving B.V., Wageningen
http://dlg2.vertis.nl/pls/dlg/docs/FOLDER/KENNISAKKER_NEW/KENNISCENTRUM/HANDLEIDINGEN/TEELTHANDLEIDING_POOTAARDAPPELEN_2KNOLOPBRENGST_DEF.htm

Kleijn, de, Energy Consulting B.V., Druten
<http://www.energyconsulting.nl/images/mollierdiagram.pdf>

BIJLAGE I INTERVIEWGESPREKKEN, INFO AVONDEN EN BEDRIJFSBEZOEKEN

In deze bijlage worden gegevens vermeld over informatiebronnen. Informatie is verzameld door middel van interviewgesprekken (*tabel I.I*), het bezoeken van info avonden (*tabel I.II*) en het bezoeken van bedrijven (*tabel I.III*).

Tabel I.I Gegevens van de personen met wie een interviewgesprek gevoerd is

Datum	Naam	Gegevens
9 feb. '05	A. Zwinkels	Paprikateler, Derby, LCP <i>Het belang van de parameters, de toekomst van de Nederlandse paprikateelt</i>
11 feb. '05	R. Grootcholten	Paprikateler, Ferrari, Belichting 1.800 lux mobiel, LCP <i>Het belang van de parameters, belichting, de toekomst van de Nederlandse paprikateelt</i>
14 feb. '05	L. Marcelis	Onderzoeker bij het PRI, zijn expertise ligt in de plantenfysiologie, plant- en gewaswetenschappen en teeltsystemen in de tuinbouw. <i>De basisprincipes van een gewasgroeimodel, en de optimalen/minimalen en maximalen van de parameters.</i>
2 mrt. '05	B. Kleijweg	Paprikateler, Derby, ieder jaar een hoge productie, 100% kleur <i>Welke parameters zijn van belang om tot een zo hoog mogelijke productie te komen</i>
7 mrt. '05	F. Hendriks	Paprikateler met een laag gasverbruik <i>De mogelijkheden van temperatuur in de paprikateelt</i>
7 mrt. '05	T. Kanters	Teeltvoorlichter bij LUCEL <i>Optimale teeltomstandigheden paprika</i>
10 mrt. '05	T. Wijnen	Paprikateler met beweegbare gewasdraden, 7 paden per kap <i>Het belang van de parameters, lichtonderschepping</i>
10 mrt. '05	W. Sanders	Paprikateler met hoge productie, 1 ^e 15 vruchten groen, Expres <i>Het belang van de parameters, stengeldichtheid, lichtonderscheping, zetting en licht, kwaliteit</i>
21 mrt. '05	A. Koorneef	Paprikateler, Derby, 3.600 lux vast <i>Belichting in de paprikateelt, gewasbeoordeling</i>
21 mrt. '05	M. Duindam	Medeoprichter van de 'GeslotenKas' tomaten <i>De parameters in een gesloten kas, optimale omstandigheden</i>
22 mrt. '05	S. Vergeer	Senior Advisor bij Hortilux Schreder <i>Belichting en de mogelijkheden in de toekomst voor de paprikateelt</i>
29 mrt. '05	L. Hogendonk	Gebruikswaarde Paprika bij het PPO in Naaldwijk <i>Prioriteiten voor onderzoek in de Nederlandse paprikateelt</i>
8 apr. '05	P. Kamp	Tuinbouwadviseur bij Westland Energie <i>Kasklimaat, DIF- strategie, gewasbeoordeling</i>

Er is voor gekozen om de eigenlijke interviewgesprekken niet op te nemen in de bijlagen, omdat hier veel irrelevante informatie in staat. De belangrijke onderwerpen uit de gesprekken (avonden en bezoeken) zijn verwerkt in het verslag.

Tabel I.II Bezoeken aan avonden/ middagen waar presentaties werden gehouden

Datum	Sprekers	Onderwerp
18 jan. '05	J. Veenman B. Houter	Planttemperatuur bij paprika
9 mrt. '05	C. Kocks D. Boonman M. van Etten W. Overwater C. Hendriks	Energiekosten paprikateelt (Landelijke paprikadag, middag) Schaalvergroting (Landelijke paprikadag, middag)
7 apr. '05	J. van der Lugt A. Schapendonk P. Kamp M. Raaphorst	Welke mogelijkheden biedt groeilicht voor de handel? Hoe reageert de plant op groeilicht? Hoe beheers ik mijn teelt met groeilicht? Wat kost groeilicht en wat levert het op?
18 apr. '05	L. Hogendonk W. van de Boomen P. Jochems	Belichtingsonderzoek Teler met 10.000 lux vaste belichting Vochtgehalte in de mat

Tabel I.III Bedrijfsbezoeken zonder interviewgesprekken

Datum	Bedrijf	Reden bezoek
24 jan. '05	R. van der Lee	Belichtingsonderzoek
3 feb. '05	4 Evergreen, W. Grootscholten	Bezoek vaste hijsbare belichting, vergadering LCP
15 feb. '05	W. van den Bosch B. Kleijweg H. van Reeuwijk R. Vollebregt Slaman A. Swinkels M. Breugem (A. Koorneef)	Excursiegroep gele paprika
17 feb. '05	Themato	Demo project 'GeslotenKas'
31 mrt. '05	A. Zwinkels R. Vollebregt	Studiegroep planttemperatuur paprika

BIJLAGE II PRESENTATIE EN EVALUATIE VAN DE STELLINGEN

De presentatie van de resultaten van de kennisinventarisatie is gehouden op 14 april 2005 voor de Landelijke Commissie Paprika. Naar aanleiding van de opmerkingen over de presentatie zijn een aantal wijzigingen in praktijkgerichte onderdelen van de inventarisatie aangebracht. Tevens zijn de opmerkingen over de stellingen (*figuur II.1*) geanalyseerd en verwerkt.

Stellingen bekritiseerd door leden van de Landelijke Commissie Paprika

- Met name in het voorjaar moet het zonlicht niet worden weggenomen door een schermdoek, dus in het voorjaar niet meer schermen, alleen als energiescherm 's nachts
- Daksproeiers horen bij de standaarduitrusting van een nieuw te bouwen kas, ook de gesloten kas
- Vierstengel V- systeem met een beweegbare gewasdraad is het beste teeltsysteem
- CO₂ doseren moet je altijd doen tot een zo hoog mogelijk niveau (max. 1.000 ppm) ongeacht de stand van het gewas
- Meer stengels per m² betekend niet per definitie meer productie

Tabel II.I Reacties op de stellingen na de presentatie van de resultaten van de kennisinventarisatie

Naam	stelling a	stelling b	stelling c	stelling d	stelling e
M. van Ruijven	+	+	+/- ¹	+	+
Opmerkingen	¹ uit proberen!				
K. Zuidgeest	+	+	+/- ²	+/- ³	+/- ⁴
Opmerkingen	² proeven mee doen/ onderzoek ³ wel letten op kosten CO ₂ - gift ⁴ mee eens, let op arbeidskosten, minder stengels kan arbeid besparen				
A. Zwinkels	+/- ⁵	+/- ⁶	+/- ⁷	+/- ⁸	+/- ⁹
Opmerkingen	⁵ in Limburg, 1 tuinder zet zijn kas in de kruit bij scherp weer. Hij oogst 37 kg groen ⁶ zou een goedkoop alternatief kunnen zijn, immers koelen kost een hoop energie ⁷ weet niet of het gewas er ook zo over denkt ⁸ als een plant in de stress dreigt te raken, dan niveau wat lager ⁹ zou wel zo moeten zijn				
J. Barendse	+/- ¹⁰	- ¹¹	+/- ¹³	- ¹⁴	+ ¹⁵
Opmerkingen	¹⁰ de ochtenden en namiddag moet ook gauw geschermd worden anders komt er een te hoge buis in, wat zeer negatief werkt op het klimaat (RV) ¹¹ ik heb zelf nooit daksproeiers gehad, maar te veel "dakkeren" geeft op gegeven moment een zwakkere plant, die bij extremen veel verder weg valt ¹² 4 stengels kan alleen bij V- systeem, maar dan moet het wel een groeikrachtige plant (ras) zijn. Beweegbare draden wordt het niet, want dat geeft een te generatieve reactie en ik zie bij V- systeem op teeltgoten en onder –draden– dat de koppen mooi uit elkaar komen te staan na het vastzetten van de planten ¹³ nee, bij een generatieve gewasstand lijkt mij dat te veel en wordt daarmee alleen maar nog generatiever ¹⁴ klopt, wel meer indraai- en topwerk, stengeldichtheid is wel afhankelijk van ras en de manier van telen				
S. van Kester	- ¹⁵	+	- ¹⁶	- ¹⁷	+
Opmerkingen	¹⁵ minimaal schermen in voorjaar, alleen om veel zon, na donkere tijd op te vangen ¹⁶ ik ben geen voorstander van 4 stengels, over een beweegbare gewasdraad heb ik geen mening ¹⁷ CO ₂ doseren tijdens een stresssituatie is niet verstandig, wel boven buitenniveau houden! – als er tijdelijk een schraal gewas staat dan volstaat een niveau van 500 – 600 ppm ook				

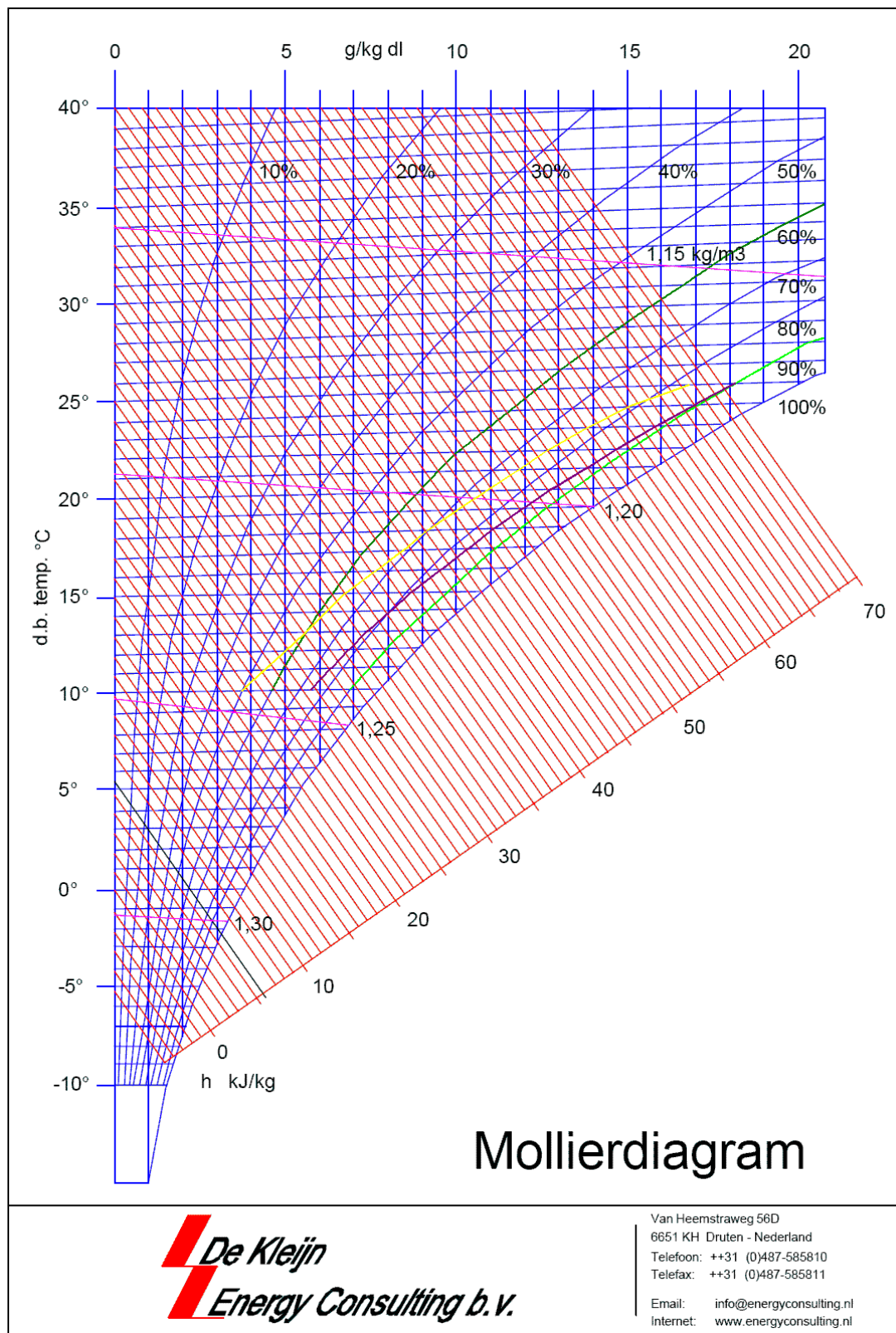
+ mee eens

+/- afhankelijk van

- niet mee eens

“*” zie opmerking er onder

BIJLAGE III HET MOLLIERDIAGRAM



Figuur III.I Het molliediagram (Kleijn; eigen bewerking)

In *figuur III.I* geeft de bovenste **groene** lijn een relatief vochtgehalte aan van 60%, de onderste **groene** lijn geeft een relatief vochtgehalte van 90% aan. De **gele** lijn houdt een vochtdeficit in van 4,0 g/ kg en de **paarse** lijn een vochtdeficit van 2,0 g/ kg.